



TUGAS AKHIR - TF 141581

**PENGUKURAN KADAR KOLESTEROL PADA JARINGAN
KULIT TIRUAN (*PHANTOM*) MENGGUNAKAN TEKNIK
*DIFFUSE REFLECTANCE SPECTROSCOPY***

FIRDA JULIANITA PRADINA PUTRI
NRP 2415 105 009

Dosen Pembimbing
Dr.rer.nat.Ir. Aulia M. T. Nasution M.Sc

DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017



FINAL PROJECT -TF141581

**CHOLESTEROL CONCENTRATION MEASUREMENT IN
TISSUE MIMICKING PHANTOM USING DIFFUSE
REFLECTANCE SPECTROSCOPY TECHNIQUE**

FIRDA JULIANITA PRADINA PUTRI
NRP 2415 105 009

Supervisor
Dr.rer.nat.Ir. Aulia M. T. Nasution M.Sc

DEPARTMENT OF ENGINEERING PHYSICS
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Firda Julianita Pradina Putri

NRP : 2415105009

Departemen : Teknik Fisika FTI-ITS

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir saya berjudul PENGUKURAN KADAR KOLESTEROL PADA JARINGAN KULIT TIRUAN (*PHANTOM*) MENGGUNAKAN TEKNIK *DIFFUSE REFLECTANCE SPECTROSCOPY* adalah bebas plagiasi. Apabila pernyataan ini terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 31 Juli 2017
Yang membuat pernyataan,

Firda Julianita Pradina Putri

LEMBAR PENGESAHAN
PENGUKURAN KADAR KOLESTEROL PADA
JARINGAN KULIT TIRUAN (*PHANTOM*)
MENGGUNAKAN TEKNIK *DIFFUSE REFLECTANCE*
SPECTROSCOPY

Oleh:

Firda Julianita Pradina Putri
NRP. 2415 105 009

Surabaya, 1 Agustus 2017
Mengetahui/Menyetujui

Pembimbing



Dr.rer.nat.Ir. Aulia M. T. Nasution M.Sc
NIP. 19671117 199702 1 001

Ketua Departemen
Teknik Fisika FTI-ITS




Agus Muhammad Hatta, ST, MSi, Ph.D
NIP. 19780902 200312 1 002

**PENGUKURAN KADAR KOLESTEROL PADA
JARINGAN KULIT TIRUAN (*PHANTOM*)
MENGUNAKAN TEKNIK *DIFFUSE REFLECTANCE*
*SPECTROSCOPY***

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Rekayasa Fotonika
Program Studi S-1 Departemen Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**FIRDA JULIANITA PRADINA PUTRI
NRP. 2415 105 009**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Dr.rer.nat.Ir. Aulia M. T. Nasution M.Sc. (Pembimbing)
2. Prof. Dr. Ir. Sekartedjo, MSc. (Ketua Penguji)
3. Ir. Apriani Kusumawardhani, MSc. (Penguji I)
4. Detak Yan Pratama S.T., M.Sc. (Penguji II)
5. Ir. Heru Setijono, M.Sc. (Penguji III)

PENGUKURAN KADAR KOLESTEROL PADA JARINGAN KULIT TIRUAN (*PHANTOM*) MENGUNAKAN TEKNIK *DIFFUSE REFLECTANCE SPECTROSCOPY*

Nama Mahasiswa : Firda Julianita Pradina Putri
NRP : 2415 105 009
Jurusan : Teknik Fisika
**Dosen Pembimbing : Dr.rer.nat.Ir. Aulia M. T. Nasution
M.Sc.**

Abstrak

Kadar kolesterol darah yang tinggi akan menyebabkan terjadinya penyempitan pembuluh darah (aterosklerosis). Aterosklerosis dapat memicu berbagai penyakit serius seperti penyakit jantung, stroke, dan bahkan dapat menyebabkan kematian. Pendeteksian peningkatan kolesterol secara lebih dini sangat dibutuhkan untuk mencegah terjadinya aterosklerosis. Salah satu metode berbasis optik untuk pengukuran kadar kolesterol secara non-invasif atau *minimally invasive* adalah *Diffuse Reflectance Spectroscopy* (DRS), yang memanfaatkan terjadinya pantulan difus pada permukaan objek uji. Tujuan penelitian ini adalah membangun dan menguji teknik pengukuran kadar kolesterol dengan menggunakan teknik DRS. Pengukuran dilakukan dalam phantom cairan (yang merepresentasikan nilai-nilai parameter optis dari jaringan kulit: yaitu koefisien serapan dan koefisien hamburan). Phantom ini dibuat dari campuran intralipid dengan penambahan beberapa nilai konsentrasi larutan kolesterol, yang dibuat dengan melarutkan bubuk kolesterol murni dengan pelarut ethanol. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, korelasi yang baik antara koefisien absorpsi *phantom* dan kadar kolesterol telah didapatkan untuk pengukuran kadar kolesterol pada *phantom* menggunakan *Diffuse reflektance spectroscopy* pada rentang $2,752\text{ cm}^{-1}$ sampai $3,57\text{ cm}^{-1}$ dengan nilai akurasi yang dihasilkan adalah 90,3%, dan tingkat kepresisian sebesar 0,96%.

Kata kunci: *Diffuse Reflectance Spectroscopy*, , *cholesterol concentration*, *noninvasive measurement technique*, *liquid phantom*

CHOLESTEROL CONCENTRATION MEASUREMENT IN TISSUE MIMICKING PHANTOM USING DIFFUSE REFLECTANCE SPECTROSCOPY TECHNIQUE

Name : Firda Julianita Pradin Putri
NRP : 2415105009
Study Program : *Engineering Physics*
Supervisor : Dr.rer.nat.Ir. Aulia M. T. Nasution M.Sc.

Abstract

High cholesterol in blood may lead to vascular constriction (atherosclerosis). Atherosclerosis can stimulate other diseases, such as coronary vascular disease (CVD), stroke, and can even cause death. Early detection of cholesterol rising level is needed to prevent atherosclerosis. One of the optical-based methods for non-invasive or minimally invasive cholesterol measurement is Diffuse Reflectance Spectroscopy (DRS), which utilizes the occurrence of diffuse reflections on the surface of the test object. The purpose of this research is to build and test the technique of measuring cholesterol level using DRS technique. Measurements are made in liquid phantom (which represents the optical parameter values of the skin tissue: i.e. the absorption coefficient and the scattering coefficient). This phantom is made from an intralipid mixture by varying several concentration value of of cholesterol solution, which is prepared by dissolving pure cholesterol powder with ethanol solvent. Based on the tests done, a good correlation between phantom absorption coefficient and cholesterol levels has been obtained for measurement of cholesterol levels in phantom using Diffuse reflectance spectroscopy at a range of 2.752 cm⁻¹ to 3.57 cm⁻¹ with accuracy of 93%, and the precision of 0,96% .

Keywords : *Diffuse Reflectance Spectroscopy, cholesterol concentration, noninvasive measurement technique, liquid phantom*

KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah kepada Allah SWT atas berkah, rahmat, petunjuk, karunia, dan ridlo-Nya penulis mampu untuk melaksanakan dan menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul :

Pengukuran Kadar Kolesterol pada Jaringan Kulit Tiruan (*Phantom*) Menggunakan Teknik *Diffuse Reflectance Spectroscopy*

Selama pengerjaan tugas akhir ini penulis telah banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Agus Muhammad Hatta, ST, M.Si, Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Fisika ITS.
2. Bapak Dr.rer.nat.Ir. Aulia M. T. Nasution M.Sc selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan motivasi, bimbingan dan arahan dengan sabar dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Hendra Cordova, ST., MT. .selaku dosen wali yang telah memberikan dukungan dan bimbingan selama penulis menempuh bangku kuliah.
4. Segenap Bapak/Ibu dosen pengajar di Departemen Teknik Fisika - ITS.
5. Keluarga tercinta Ibu Eninah S.pd, Bapak Maman Sulaeman S.pd, M.pd, Adik Hilda Meiranita, atas doa, dorongan semangat, dukungan dan kasih sayang yang telah diberikan selama ini.
6. Rekan-rekan LJ GENAP TF 2015 dan warga Teknik Fisika - ITS, yang senantiasa memberikan motivasi dan perhatian.
7. Citra, Dian, Henny, Awalia, Ridwan, Edi, Hendra, Imroatul, dan April yang tidak hanya memberikan bantuan-bantuan

namun juga memberi semangat dalam penyelesaian tugas akhir ini.

8. Teman-teman seperjuangan TA yang telah memotivasi dan memberikan bantuan-bantuan dalam penyelesaian laporan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa mungkin masih ada kekurangan dalam laporan ini, sehingga kritik dan saran penulis terima. Semoga laporan ini dapat berguna dan bermanfaat bagi penulis dan pihak yang membacanya.

Surabaya, 2017

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Tugas Akhir	4
1.5 Sistematika Laporan.....	4
BAB II	7
DASAR TEORI.....	7
2.1 Kolesterol	7
2.2 Karakteristik Optis Jaringan Tubuh	8
2.3 <i>Diffuse Reflectance Spectroscopy</i> (DRS)	14
2.4 <i>Tissue phantom</i>	18
2.5 <i>Non-Linear Least Square Curve Fitting</i>	19
BAB III.....	23
METODE PENELITIAN	23
3.1 Diagram Alir	23

3.2	Studi Literatur	25
3.1	Pengambilan data referensi	25
3.2	Karakterisasi bahan <i>phantom</i>	26
3.3	Pengambilan data reflektansi difus <i>phantom</i>	28
3.4	Penyusunan dan simulasi program fitting	29
3.5	Penentuan nilai μ_a dan μ_s' dengan program fitting	30
3.6	Pembuatan model kalibrasi nilai μ_a , μ_s' dengan $C_{cholesterol}$	30
3.7	Penyusunan Laporan	31
BAB IV		33
ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN		33
4.1	Pengambilan Data Referensi	33
4.2	Pengujian Program Fitting <i>Spectra</i>	34
4.3	Karakterisasi Bahan Phantom	34
4.4	Pembuatan <i>phantom</i>	39
4.5	Phantom Susu	40
4.6	<i>Phantom</i> Intralipid	44
4.5	Perbandingan Koefisien Absorpsi Kolesterol pada Metode Spektroskopi Absorpsi dan Metode DRS	45
BAB V		50
KESIMPULAN DAN SARAN		50
5.1	Kesimpulan	50
5.2	Saran	50
DAFTAR PUSTAKA		52
Lampiran A		55

Lampiran B 61

BIODATA DIRI 102

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Luasan penampang efektif penyerapan pada kromofor.....	9
Gambar 2. 2	Koefisien Absorpsi Intrinsik HbO ₂ dan HbO.....	11
Gambar 2. 3	Luasan penampang efektif pada penghambur.....	12
Gambar 2. 4	Reduksi koefisien scattering	13
Gambar 2. 5	Pantulan diffuse dari substrat.....	15
Gambar 2. 6	Spektrum absorpsi pada kulit.....	16
Gambar 3. 1	Diagram Alir Penelitian	23
Gambar 3. 3	Set up spektroskopi absorpsi.....	26
Gambar 3. 5	Skema rencana pengukuran	29
Gambar 4. 1	Spektrum pemantulan referensi	33
Gambar 4. 2	Hasil simulasi program fitting.....	34
Gambar 4. 3	Koreksi kadar tinta India pada 751 nm	36
Gambar 4. 4	Koreksi kadar tinta India pada 833 nm	36
Gambar 4. 5	Koefisien absorpsi tinta India nonintrinsik	37
Gambar 4. 6	Koefisien absorpsi intrinsik tinta india	37
Gambar 4. 7	Koefisien atenuasi total kolesterol nonintrinsik....	38
Gambar 4. 8	Koefisien absorpsi intrinsik kolesterol.....	38
Gambar 4. 9	Koefisien absorpsi kolesterol (Kim, 2015)	39
Gambar 4.10	Koefisien absorpsi akuades.....	39
Gambar 4.11	Hasil fitting sampel untuk 3 titik pengukuran dengan jarak sumber detector terdekat.....	41
Gambar 4.12	Hasil fitting sampel untuk seluruh 5 titik pengukuran.....	42
Gambar 4.13	Korelasi koefisien absorpsi kolesterol dan terhadap kadar kolesterol	45
Gambar 4.14	Korelasi koefisien absorpsi kolesterol dan terhadap kadar kolesterol dengan metode spektroskopi absorpsi	46

- Gambar 4.15** Korelasi koefisien absorpsi kolesterol pada metode spektroskopi absorpsi terhadap konsentrasi kolesterol pada metode DRS47
- Gambar 4.16** Perbandingan pengukuran koefisien absorpsi kolesterol menggunakan metode spektroskopi absorpsi dengan metode DRS.....47

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1	Koefisien Absorbansi Tinta India.....	35
Tabel 4. 2	Variasi phantom dengan Parameter Optik pada 800 nm ..	40
Tabel 4. 3	Parameter phantom susu dari fitting 3 titik pengukuran (μ a pada 800 nm).....	43
Tabel 4. 4	Parameter phantom Intralipid-kolesterol dari fitting 3 titik pengukuran (μ a pada 800 nm)	44

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kolesterol adalah senyawa lemak berlipid yang sebagian besar diproduksi di hati dan sebagian lainnya didapatkan dari makanan. Ketika tubuh memiliki banyak kolesterol, akan terjadi pengendapan kolesterol tinggi dalam pembuluh darah, yang disebut plak (plaque). Plak yang terus bertambah akan menyebabkan menyempitnya pembuluh darah (CDC, 2015).

Kondisi penyempitan pembuluh darah disebut aterosklerosis. Aterosklerosis dapat memicu penyakit serius seperti penyakit jantung, stroke, dan bahkan dapat menyebabkan kematian (NHLBI, 2016). Pendeteksian dini sangat dibutuhkan untuk mencegah berkembangnya penyakit aterosklerosis, salah satu caranya adalah dengan mengukur kadar kolesterol dalam darah yang akurat.

Metode pengukuran kadar kolesterol yang umum dilakukan adalah secara invasif, yaitu dengan menggunakan sampel darah. Proses pengambilan sampel darah ini bagi kebanyakan orang merupakan proses yang relatif menyakitkan, dan dapat menimbulkan risiko infeksi. Oleh karena itu, dibutuhkan pengukuran kadar kolesterol dengan metode non-invasif yang akurat, presisi, serta mudah digunakan.

Diffuse reflectance spectroscopy dikenal sebagai teknik pengukuran berbasis spektroskopi yang dapat digunakan untuk mendapatkan informasi mengenai properti optis pada jaringan tubuh. Teknik ini merupakan salah satu teknik optis yang dapat digunakan untuk pengukuran kandungan kromofor tubuh secara non-invasif. Teknik *Diffuse reflectance spectroscopy* yang dilakukan untuk mendeteksi kulit kolesterol menunjukkan bahwa *Diffuse reflectance spectroscopy* menyediakan metode yang non-invasif dan mudah untuk pendeteksian dini penyakit aterosklerosis (Hou, 2017). Penelitian serupa dilakukan untuk mengukur kadar kolesterol pada aorta manusia (Jaross, 1999).

Diffuse reflectance spectroscopy didasari oleh peristiwa penyerapan dan *scattering* (penghamburan) ketika cahaya memasuki jaringan kulit. Cahaya yang tidak terserap sepenuhnya akan dipantulkan kembali keluar jaringan kulit sebagai reflektansi difus akibat peristiwa *scattering* (Sorensen Dam, 2000). Intensitas cahaya reflektansi *diffuse* ini bergantung pada *absorption coefficient* (koefisien penyerapan) μ_a dan koefisien *scattering* tereduksi (*reduced scattering coefficient*) μ_s' (Jacques, 2013). *Absorption coefficient* (koefisien penyerap) μ_a dan *reduced scattering coefficient* (koefisien penghambur tereduksi) μ_s' dapat digunakan pada pengukuran kulit manusia untuk mendapatkan beberapa informasi kandungan kromofor dalam jaringan seperti kadar kolesterol, glukosa, melanin, oxyhemoglobin, dan lain-lain (Sorensen Dam, 2000).

Teknik *Diffuse reflectance spectroscopy* umumnya dilakukan pada daerah Near Infrared (NIR), karena pada daerah ini terjadi penyerapan minimum oleh kromofor dalam jaringan tubuh. Pada daerah ini memungkinkan penetrasi cahaya yang lebih dalam pada jaringan tubuh (Sorensen Dam, 2000), sehingga keberadaan atau kadar dari suatu kromofor dapat diketahui.

Seiring dengan berkembangnya riset dan penelitian mengenai teknologi optik dalam bidang medis, diterapkan regulasi yang mengatur penelitian terhadap manusia seperti peraturan US EPA. US EPA (*United States Environmental Protection Agency*) adalah suatu badan pengawas yang membuat peraturan secara rinci mengenai teknik, operasional dan undang-undang. Peraturan adalah persyaratan wajib yang dapat diterapkan pada individu, pelaku bisnis, pemerintah negara bagian atau lokal, lembaga nirlaba, atau pihak lain. Salah satu peraturan yang ditulis oleh US EPA adalah peraturan untuk penelitian terhadap subyek manusia. Uji klinis terhadap hewan model perlu dilakukan sebelum diterapkan pada manusia. (Jung & Maibach, 2014). *Phantom* merupakan *tissue mimicking* atau bahan yang menyerupai jaringan manusia. Penggunaan phantom dilakukan pada penelitian awal dari serangkaian penelitian terhadap manusia, untuk

mensimulasikan distribusi cahaya pada jaringan hewan maupun manusia, terutama pada penelitian ini digunakan untuk mensimulasikan *absorption coefficient* (koefisien penyerap) dan *scattering coefficient* (koefisien penghamburan).

Penelitian ini bertujuan untuk membangun dan menguji sistem pengukuran kadar kolesterol darah dalam *phantom* atau tiruan jaringan kulit melalui penentuan nilai *optical properties* μ_a dan μ_s' yang diperoleh dengan teknik *Diffuse reflectance spectroscopy* pada daerah panjang gelombang NIR. Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi dasar penelitian selanjutnya terkait pengukuran kadar kolesterol dengan menggunakan *Diffuse reflectance spectroscopy*.

1.2 Permasalahan

Berdasarkan latar belakang di atas, maka permasalahan dari pelaksanaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara mendapatkan nilai μ_a dan μ_s' dari media penyusun *phantom* dengan menggunakan teknik *Diffuse Reflectance Spectroscopy* pada daerah Near-Infrared?
2. Bagaimana perubahan kadar kolesterol dapat dikorelasikan dengan perubahan nilai μ_a dan μ_s' dalam yang diekstraksi dari media penyusun *phantom*?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini antara lain:

1. Metode yang digunakan adalah *Diffuse Reflectance Spectroscopy*.
2. Rentang panjang gelombang yang digunakan adalah 700 nm – 1000 nm.
3. Pengujian dilakukan pada *liquid phantom* yang merepresentasikan karakteristik jaringan kulit (epidermis dan dermis).
4. Spektrometer yang digunakan adalah spektrometer USB-650 Red Tide Ocean Optics.
5. *Optical properties* dari *phantom* yang ditinjau adalah koefisien penyerapan μ_a dan *scattering* μ_s' .

6. Agen penyerap yang ditinjau pada *phantom* adalah air, kolesterol dan jaringan tubuh manusia yang diwakili oleh campuran air dan tinta india
7. Agen *scattering* yang ditinjau pada *phantom* adalah intralipid.

1.4 Tujuan Tugas Akhir

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan yang dapat diambil yaitu:

1. Mendapatkan nilai μ_a dan μ_s' dari media penyusun *phantom* cair dengan menggunakan teknik *Diffuse Reflectance Spectroscopy* pada daerah Near-Infrared
2. Mengkorelasikan kadar kolesterol dengan nilai μ_a dan μ_s' dalam *phantom*?

1.5 Sistematika Laporan

Sistematika laporan yang digunakan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I: PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai latar belakang permasalahan, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan sistematika penulisan pada tugas akhir ini.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi teori dasar yang melandasi alur berfikir dalam menyelesaikan permasalahan dan mencapai tujuan dari penelitian tugas akhir ini. Teori – teori tersebut mencakup hal – hal yang mendukung dan menjadi dasar rujukan dalam tugas akhir terkait mengenai kolesterol secara umum serta pengaruh kadar kolesterol dalam darah terhadap penyakit aterosklerosis, karakteristik optis jaringan tubuh, teknik *Diffuse Reflectance Spectroscopy* (DRS), dan *Tissue phantom* atau tiruan jaringan tubuh manusia.

BAB III: METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas pendekatan tahapan-tahapan yang dilakukan dalam proses penelitian dari tugas akhir.

BAB IV: DATA DAN ANALISIS DATA

Bab ini menguraikan hasil analisa dari percobaan.

BAB V: KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi simpulan dari analisa yang telah dilakukan dan saran untuk pengembangan lebih lanjut.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

DASAR TEORI

Bab ini berisi teori dasar yang melandasi alur berfikir dalam menyelesaikan permasalahan dan mencapai tujuan dari penelitian tugas akhir ini. Teori – teori tersebut mencakup hal – hal yang mendukung dan menjadi dasar rujukan dalam tugas akhir terkait mengenai kolesterol secara umum serta pengaruh kadar kolesterol dalam darah terhadap penyakit aterosklerosis, karakteristik optis jaringan tubuh, teknik *Diffuse Reflectance Spectroscopy* (DRS), dan *Tissue phantom* atau tiruan jaringan tubuh manusia.

2.1 Kolesterol

Kolesterol adalah senyawa lemak berlipid yang sebagian besar diproduksi di hati dan sebagian lainnya didapatkan dari makanan. Kolesterol yang berada dalam darah dibawa oleh lipoprotein, yang didefinisikan dengan tiga kelas yaitu low density lipoprotein (LDL), high density lipoprotein (HDL), dan trigliserida. *LDL-cholesterol* (LDL-C) merupakan 60-70% dari total serum kolesterol, sedangkan 20-30% dari total serum kolesterol merupakan *HDL-cholesterol* (HDL-C) (Liu, 2005).

LDL-C bertugas mengangkut kolesterol dari organ hati ke sel-sel yang membutuhkan, jika jumlah kolesterol tersebut melebihi kebutuhan, maka dapat mengendap pada dinding-dinding arteri dan menyebabkan penyakit. HDL-C bertugas mengangkut kolesterol kembali ke dalam organ hati. Di dalam hati, kolesterol akan dihancurkan atau dikeluarkan oleh tubuh melalui kotoran. Faktor utama yang menyebabkan aterosklerosis adalah adanya kadar LDL-C yang tinggi (Liu, 2005)..

Aterosklerosis adalah kondisi penyempitan pada pembuluh darah akibat adanya penumpukan kolesterol. Aterosklerosis dapat memicu penyakit serius seperti penyakit jantung, stroke, dan bahkan dapat menyebabkan kematian (NHLBI, 2016).

2.2 Karakteristik Optis Jaringan Tubuh

Karakteristik optis tubuh berperan besar dalam bidang medis, baik untuk aplikasi diagnostik maupun terapi. Kunci dari aplikasi diagnostik adalah mengetahui kemampuan cahaya untuk penetrasi ke dalam jaringan tubuh, mengambil informasi dari komponen-komponen penyusun jaringan tubuh, dan dapat keluar kembali dari jaringan tubuh untuk ditangkap oleh detektor (Jacques, 2013). Ketiga hal tersebut dipengaruhi oleh karakteristik optis jaringan tubuh. Oleh karena itu, mengetahui karakteristik optis jaringan tubuh sangat penting.

Ketika cahaya masuk ke dalam jaringan tubuh manusia, terdapat dua peristiwa umum yang terjadi, yaitu penyerapan (*absorption*) dan penghamburan (*scattering*). Berikut ini akan dijelaskan mengenai masing-masing peristiwa tersebut.

- **Penyerapan**

Ketika foton melewati suatu molekul, maka elektron pada molekul dapat tereksitasi dengan cara menyerap energi foton (Jacques & Prahl, 1998). Energi foton yang diserap diubah menjadi energi yang lain seperti energi panas. Adapun hubungan penyerapan cahaya terhadap elemen penyerap dan ketebalannya dinyatakan oleh Hukum Lambert-Bouguer (Pully & Cerutti, 2013).

$$I = I_0 e^{-\mu_a l} \quad (2.1)$$

Dimana,

I = Intensitas yang ditransmisikan

I_0 = Intensitas awal (cahaya datang)

μ_a = Koefisien penyerapan

l = Panjang penyerapan

Koefisien penyerapan diinterpretasikan sebagai probabilitas foton akan diserap oleh media per satuan panjang (Pully & Cerutti, 2013).

Penyerapan cahaya pada jaringan tubuh bergantung pada kromofor yang berada dalam jaringan tubuh. Rasio keberadaan kromofor-kromofor dalam jaringan tubuh akan menentukan bagaimana spektra penyerapan yang dihasilkan, karena koefisien

penyerapan linier dengan kontribusi penyerapan setiap kromofor (Alburg & Kraus, 2014).

Koefisien penyerapan berhubungan dengan luasan penampang efektif (σ_a) (Jacques & Prahl, 1998).

$$\mu_a = \sigma_a \rho_a \quad (2.2)$$

Dimana,

σ_a = Luasan penampang efektif

ρ_a = Jumlah kromofor per luasan volume

Luasan penampang efektif berhubungan dengan seberapa efektif suatu kromofor dapat menyerap cahaya. Jika suatu kromofor memiliki luas penampang A , maka luasan kromofor yang menyerap cahaya hanya sebesar luasan penampang efektif σ_a sebagaimana ditunjukkan oleh Gambar 2.1.

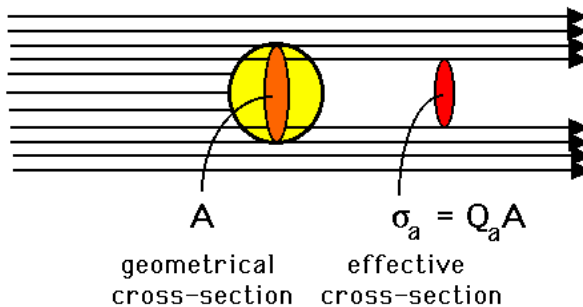
$$\sigma_a = Q_a A \quad (2.3)$$

Dimana,

σ_a = Luasan penampang efektif

A = Luas penampang kromofor

Q_a = Efektivitas penyerapan kromofor



Gambar 2. 1 Luasan penampang efektif penyerapan pada kromofor (Jacques & Prahl, 1998)

Jaringan tubuh manusia terdiri atas berbagai komponen yang masing-masing memiliki nilai μ_a yang berbeda. Koefisien penyerapan jaringan tersebut secara keseluruhan dapat dinyatakan dalam penjumlahan penyerapan masing-masing komponen.

Hubungan antara μ_a , ε dan kadar kromofor dalam molar C adalah sebagai berikut (Jacques & Prahl, 1998).

$$\mu_a = 2.3 \sum_i C_i \varepsilon_i \quad (2.4)$$

Dimana,

μ_a = Koefisien penyerapan

C = Kadar kromofor dalam molar

ε = Penyerapan intrinsik kromofor

Persamaan (2.5) juga dapat dinyatakan dalam nilai masing-masing komponen. Dalam kasus ini, maka yang digunakan sebagai pembobot masing-masing komponen adalah nilai fraksinya, f_v (Jacques & Prahl, 1998).

$$\mu_a = \sum_i f_{v,i} \mu_{a,i} \quad (2.5)$$

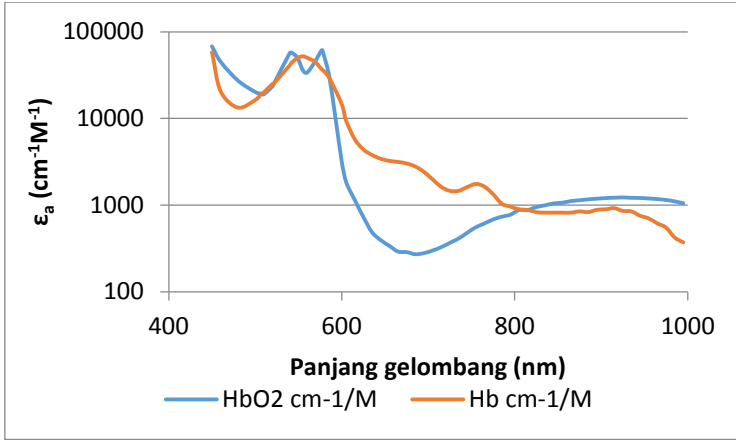
Dimana,

μ_a = Koefisien penyerapan

$f_{v,i}$ = Fraksi masing-masing kromofor

$\mu_{a,i}$ = Koefisien penyerapan masing-masing kromofor

Kemampuan suatu kromofor untuk menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu berbeda dengan kromofor lain. Tiap-tiap kromofor cenderung memiliki penyerapan lebih tinggi pada rentang panjang gelombang cahaya tertentu. Gambar 2.2 menunjukkan perbedaan koefisien absorpsi intrinsik hemoglobin yang berikatan dengan oksigen (HbO_2) dan yang tidak (Hb). Dapat dilihat bahwa masing-masing kromofor tersebut memiliki perbedaan perlakuan penyerapan. Perbedaan penyerapan kromofor terhadap panjang gelombang ini dapat dimanfaatkan untuk pengukuran kadar suatu kromofor melalui penyerapannya pada panjang gelombang tertentu.



Gambar 2. 2 Koefisien Absorpsi Intrinsik HbO₂ dan HbO
(*Jacques & Prahl, 1998*)

- **Penghamburan**

Ketika medium yang dilewati cahaya tidak homogen, yaitu adanya indeks bias yang bervariasi dalam skala mikroskopis, cahaya akan dihamburkan atau *scattering*. Peristiwa hamburan cahaya pada medium tersebut dapat dideskripsikan dengan koefisien *scattering* μ_s , yang didefinisikan sebagai rata-rata jumlah hamburan per satuan panjang (Alburg & Kraus, 2014). Nilai μ_s berbanding terbalik dengan *scattering mean free path*, yaitu jarak yang ditempuh foton setelah mengalami *scattering* hingga peristiwa *scattering* berikutnya (Jacques & Prahl, 1998)

$$mfp = \frac{1}{\mu_s} \quad (2.6)$$

Dimana,

mfp = *Scattering mean free path*

μ_s = Koefisien penghamburan

Koefisien *scattering* berhubungan dengan luasan penampang efektif dan jumlah penghambur per luasan volume ρ_s . (Jacques & Prahl, 1998).

$$\mu_s = \sigma_s \rho_s \quad (2.7)$$

Dimana,

μ_s = Koefisien penghamburan

σ_s = Luasan penampang efektif

ρ_s = Jumlah penghambur per luasan volume

Luasan penampang efektif ini dapat diturunkan dengan cara yang sama untuk σ_a . Jika suatu penghambur memiliki luas penampang A , maka luasan penghambur yang menghamburkan cahaya hanya sebesar luas penampang efektif σ_s sebagaimana ditunjukkan oleh gambar 2.3.

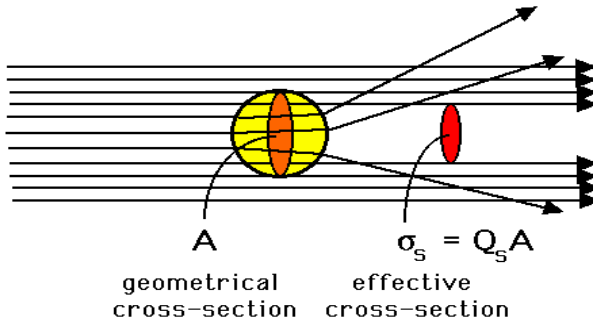
$$\sigma_s = Q_s A \quad (2.8)$$

Dimana,

σ_s = Luasan penampang efektif

A = Luas penampang kromofor

Q_a = Efektivitas penyerapan kromofor



Gambar 2. 3 Luasan penampang efektif pada penghambur
(Jacques & Prahl, 1998)

Perpaduan dari nilai μ_s dan g adalah reduced scattering coefficient μ_s' yang dapat dinyatakan dengan rumus berikut (Jacques & Prahl, Oregon Medical Laser Center: ECE 532. Introduction to Biomedical Optics: 3. Optical Properties, 1998)

$$\mu_s' = \mu_s (1 - g) \quad (2.9)$$

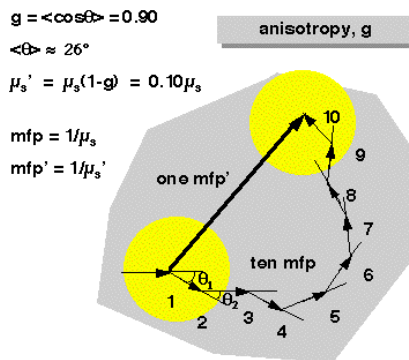
Dimana,

μ_s' = Reduced scattering coefficient

μ_s = Koefisien penghamburan

g = Anistropi

Penggunaan nilai μ_s' ditujukan untuk mendeskripsikan difusi foton dalam medium dalam satu langkah random $1/\mu_s'$ sebelum mengalami *scattering* yang isotropis. Satu langkah besar ini sebenarnya terdiri atas sejumlah langkah sebesar $1/\mu_s$ yang lebih kecil dan memiliki sudut hambur tertentu (Jacques & Prahl, Oregon Medical Laser Center: ECE 532. Introduction to Biomedical Optics: 3. Optical Properties, 1998). Pendekatan ini dijelaskan oleh Gambar 2.4. Pendekatan ini hanya dapat dilakukan jika peristiwa *scattering* lebih dominan daripada peristiwa penyerapan, yakni $\mu_a \ll \mu_s$.



Gambar 2. 4 Reduksi koefisien scattering (Jacques & Prahl, 1998)

Pada jaringan tubuh, *scattering* terjadi ketika foton bertabrakan dengan struktur-struktur jaringan tubuh terutama yang ukurannya sesuai dengan panjang gelombang foton. Struktur-struktur tersebut dapat berupa perbatasan antar membran, serat kolagen, nukleus, hingga sel. Berdasarkan ukuran penghambur, *scattering* pada jaringan tubuh dibagi menjadi dua, yaitu *Mie scattering* dan *Rayleigh scattering*. *Mie scattering* terjadi ketika ukuran partikel penghambur setara atau lebih besar dari panjang gelombang, seperti sel, inti sel, atau mitokondria, sementara *Rayleigh scattering* terjadi ketika ukuran penghambur lebih kecil daripada panjang gelombang cahaya (Jacques, 2013) seperti membran atau goresan pada serat-serat kolagen.

Terdapat dua cara untuk mendeskripsikan *reduced scattering coefficient*, yaitu salah satunya mendeskripsikan penghamburan sebagai *Mie scattering*, yaitu dengan persamaan berikut (Alburg & Kraus, 2014).

$$\mu_s' = a \left(\frac{\lambda}{\lambda_0} \right)^{-b} \quad (2.10)$$

Dimana,

μ_s' = *Reduced scattering coefficient*

a = *Reduced scattering*

b = *Scattering power*

λ = Panjang gelombang

λ_0 = Panjang gelombang referensi

Sebagai alternatif untuk mendeskripsikan *reduced scattering coefficient*, dapat menggunakan fungsi *Mie scattering* dan *Rayleigh scattering*, yaitu sebagai berikut (Alburg & Kraus, 2014).

$$\mu_s' = a' \left(f_{Ray} \left(\frac{\lambda}{\lambda_0} \right) \right)^{-b_{Mie}} + (1 - f_{Ray}) \left(\frac{\lambda}{\lambda_0} \right)^{-4} \quad (2.11)$$

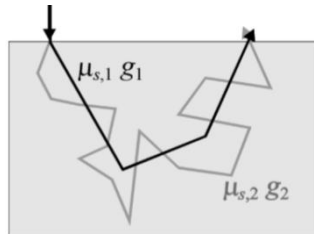
Dimana f_{ray} adalah fraksi *Rayleigh scattering*.

2.3 Diffuse Reflectance Spectroscopy (DRS)

Menurut Vo Dinh seperti dikutip oleh Prince (Prince & Malarvizhi, 2011), jika permukaan suatu medium keruh disinari cahaya, maka cahaya tersebut akan mengalami pemantulan specular dan diffuse. Pemantulan specular sepenuhnya disebabkan oleh permukaan medium. Sementara itu, pemantulan diffuse disebabkan oleh penyerapan dan *scattering* cahaya oleh komponen substrat. Cahaya pantulan diffuse ini dapat dimanfaatkan untuk mengetahui kadar agen penyerap atau penghambur pada medium.

Berikut ini adalah proses terbentuknya cahaya pantulan diffuse. Ketika cahaya masuk ke dalam medium, maka cahaya tersebut akan mengalami penyerapan dan *scattering*. Setelah beberapa kali mengalami penyerapan dan dihamburkan, cahaya

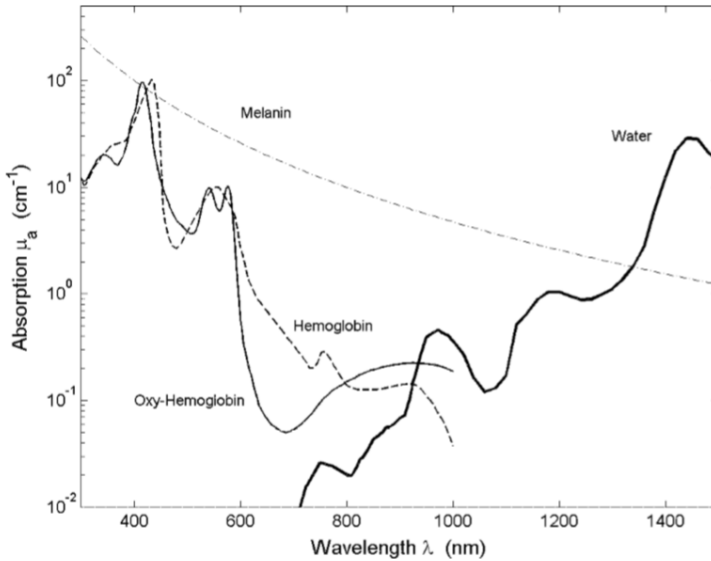
tersebut akan keluar kembali dari dalam medium (Prince & Malarvizhi, 2011), menjadi pantulan diffuse. Peristiwa ini ditunjukkan oleh Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Pantulan diffuse dari substrat (Sorensem Dam, 2000)

Intensitas reflektansi difus bergantung pada koefisien absorpsi dan *scattering*. Semakin besar koefisien absorpsi, semakin banyak cahaya yang diserap dan intensitas reflektansi semakin kecil. Sementara itu, koefisien *scattering* yang semakin besar menunjukkan semakin besar probabilitas cahaya mengalami *scattering* dan mampu merambat kembali keluar dari medium. Hal ini telah ditunjukkan melalui simulasi yang dilakukan oleh Sorensem Dam (2000).

Jaringan tubuh manusia memiliki struktur yang kompleks dengan berbagai molekul di dalamnya yang mampu menyerap cahaya di dalamnya, seperti air, darah, dan melanin. Seperti dikutip dari Sorensem Dam (2000), air mendominasi penyerapan oleh kulit pada daerah di atas 1400 nm. Sementara itu, penyerapan di bawah 600 didominasi oleh hemoglobin dan protein lain. Adapun daerah di antara 600 nm hingga 1400 nm adalah daerah di mana *scattering* pada kulit jauh lebih tinggi dibandingkan absorpsi. Hal ini memungkinkan penetrasi cahaya yang lebih dalam ke kulit, sehingga informasi yang diperoleh melalui pantulan difus semakin banyak. Daerah ini disebut “therapeutic/diagnostic window” atau “diffuse regime”.



Gambar 2. 6 Spektrum absorpsi pada kulit (Sorensen Dam, 2000)

Pengukuran terhadap cahaya pantulan diffuse yang di re-emisikan oleh medium biasa dilakukan dengan menggunakan fiber probe (Guo, 2000). Detektor ditempatkan pada jarak r dari sumber. Reflektansi yang diperoleh detektor dari sampel, R_s , kemudian dinormalisasikan dengan reflektansi dari standard, R_{std} , untuk memperoleh reflektansi ternormalisasi, R_{norm} . R_{norm} dapat pula dinyatakan sebagai berikut (Prince & Malarvizhi, 2011)

$$R_{norm} = \frac{R_s(\lambda)}{R_{std}(\lambda)} = \frac{S(\lambda)T_s(\lambda)\eta_{c,s}(\lambda)D(\lambda)}{S(\lambda)T_{std}(\lambda)\eta_{c,std}(\lambda)D(\lambda)} \quad (2.12)$$

Dimana,

$S(\lambda)$ = Intensitas sumber cahaya yang kontinyu

$T_s(\lambda)$ = *Optical transport* dalam medium hingga ditangkap detektor

$T_{std}(\lambda)$ = *Optical transport* dalam medium standar

$\eta_{c,s}(\lambda)$ = Efisiensi fiber probe untuk menangkap cahaya dari sampel

$\eta_{c,std}(\lambda)$ = Efisiensi fiber probe untuk menangkap cahaya dari standar

$D(\lambda)$ = Sensitivitas detektor

Persamaan (2.12) dapat disederhanakan sebagai berikut (Prince & Malarvizhi, 2011)

$$R_{norm} = \frac{T_s(\lambda)\eta_{c,s}(\lambda)}{T_{std}(\lambda)\eta_{c,std}(\lambda)}$$

$$R_{norm} = K * T_s(\lambda) \quad (2.13)$$

di mana

$$K = \frac{\eta_{c,s}(\lambda)}{T_{std}(\lambda)\eta_{c,std}(\lambda)} \quad (2.14)$$

Untuk mengetahui bagaimana foton atau cahaya diserap dan dihamburkan oleh medium maka diperlukan model perambatan cahaya. Terdapat beberapa cara pemodelan (Sorensem Dam, 2000), salah satunya adalah dengan menggunakan persamaan Difus. Persamaan ini diturunkan dari *Radiative Transport Equation*, yaitu persamaan yang memodelkan perambatan medan elektromagnetik dalam suatu medium. Penurunan Persamaan Difus dari RTE dilakukan dengan beberapa asumsi, yaitu peristiwa *scattering* harus lebih dominan daripada penyerapan, dan jarak antara sumber dengan detektor harus memenuhi rumus berikut (Sorensem Dam, 2000)

$$r_{s-d} > \frac{2 \sim 3}{\mu_s} \quad (2.15)$$

Dimana,

r_{s-d} = Jarak antara sumber dengan detektor

Selain itu, model ini hanya umum digunakan jika sampelnya relatif tebal atau kedalamannya semi infinit.

Persamaan diffuse untuk *optical transport* dalam medium adalah sebagai berikut (Prince & Malarvizhi, 2011)

$$T(\mu_a, \mu_s') = \frac{1}{4\pi} \left[Z_0 \left[\mu_{eff} + \frac{1}{r_1} \right] \frac{e^{-\mu_{eff} \cdot r_1}}{r_1^2} + (Z_0 + 2Z_b) \left[\mu_{eff} + \frac{1}{r_2} \right] \frac{e^{-\mu_{eff} \cdot r_2}}{r_2^2} \right] \quad (2.16)$$

Dimana $Z_0 = 1/(\mu_a + \mu_s')$, $Z_b = 2AD$, $D = Z_0/3$ adalah konstanta difusi, $\mu_{eff} = [\sqrt{(D/\mu_a)}]^{-1}$ adalah koefisien *effective transport*, $r_1 = \sqrt{(Z_0^2 + r^2)}$, $r_2 = \sqrt{(Z_0 + 2Z_b)^2 + r^2}$ dan $A = (1 + r_1)/(1 - r_1)$. Nilai r_i adalah parameter dari refleksi specular internal yang disebabkan oleh perubahan indeks bias pada permukaan. Nilai r_i didefinisikan sebagai fungsi dari indeks bias jaringan tubuh n seperti berikut (Prince & Malarvizhi, 2011).

$$r_i = 0.668 + 0.0636n + \frac{0.710}{n} - \frac{1.440}{n^2} \quad (2.17)$$

Persamaan (2.5) dan (2.10) dapat disubstitusikan ke dalam persamaan (2.16). Jika optical transport medium T telah didapatkan, maka dapat dilakukan non-linear fitting pada persamaan (2.16) terhadap nilai T hasil eksperimen. Dengan demikian, koefisien-koefisien yang tidak diketahui pada persamaan (2.5) dan (2.10) dapat diketahui dan digunakan untuk mendapatkan μ_a dan μ_s' .

2.4 Tissue phantom

Phantom merupakan *tissue mimicking* atau bahan yang menyerupai jaringan manusia. Perkembangan cahaya dalam bidang medis mengakibatkan banyaknya riset dan penelitian untuk mencari *phantom material* yang digunakan untuk membuat *phantom* yang menyerupai jaringan hewan maupun manusia. *Phantom* tersebut dimanfaatkan untuk berbagai tujuan seperti mensimulasikan distribusi cahaya pada jaringan, kalibrasi/karakterisasi peralatan optik, maupun untuk terapi. Tujuan utama dari aplikasi phantom ini adalah untuk mengatur *absorption* dan *scattering coefficient*.

Terdapat dua jenis *phantom* yang biasa digunakan dalam pengukuran berbasis optik, yaitu *liquid phantom* dan *solid phantom*. *Liquid phantom* pada umumnya merupakan campuran dari air, Intralipid, dan tinta India. Intralipid adalah suspensi yang terdiri atas minyak kacang kedelai, lesitin, gliserin dan air, seperti dikutip oleh Srivastava dkk.dari Staveren dkk. dan Flock dkk (Srivastava,2016). Intralipid digunakan untuk simulasi efek *scattering* pada jaringan kulit manusia disebabkan efek *scattering* pada Intralipid menyerupai *scattering* pada jaringan tubuh dan memiliki absorpsi yang rendah (Di Ninni, 2011). Bahan lain yang memiliki penyerapan yang mirip dengan intralipid adalah susu. *Scattering* pada susu tidak lebih menyerupai *scattering* pada jaringan tubuh, namun mirip dengan Intralipid, sehingga dapat digunakan pada *phantom*. Sementara itu, *solid phantom* berbentuk padat. Salah satu *host material* yang digunakan dalam pengukuran berbasis optik adalah polydimethylsiloxane (PDMS). PDMS memiliki indeks bias yang mendekati indeks bias jaringan tubuh manusia. Untuk menyamai penyerapan pada tubuh manusia, maka PDMS memungkinkan untuk dicampur dengan tinta atau *dye* yang meniru efek *scattering* jaringan tubuh manusia dapat digunakan TiO_2 atau Al_2O_3 yang dicampur ke dalam PDMS (Saager, 2016).

Phantom dapat ditambahkan bahan-bahan lain yang hendak diukur pada phantom tersebut. Pada penelitian sebelumnya yang menggunakan phantom untuk mengukur kadar kolesterol, kolesterol serum solution ditambahkan ke dalam phantom (Jiang, 2012).

2.5 Non-Linear Least Square Curve Fitting

Algoritma *non-linear least square curve fitting* merupakan algoritma yang digunakan untuk memfit satu set pengamatan (m) dengan suatu model non-linier (n) dengan beberapa parameter yang tidak diketahui ($m > n$). Parameter-parameter yang tidak diketahui diestimasi dengan melibatkan iterasi. Langkah iterasi dilakukan dengan memperbarui nilai parameter yang bertujuan untuk mengurangi *sum square error* di antara fungsi dan data

pengukuran. Dalam proses *non-linier least square curve fitting*, satu set data m , $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_m, y_m)$, dicocokkan dengan suatu kurva (fungsi model) $y = f(x, \beta)$, dimana x bergantung pada parameter n , dengan $\beta = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$ dimana $m \geq n$, selanjutnya *sum square error* antara y_i dengan $f(x, \beta)$ diminimalkan, seperti pada persamaan 2.18 untuk mendapatkan curve fit terbaik sehingga parameter pada vektor β dapat diketahui.

$$S = \sum_{i=1}^m r_i^2 \quad (2.18)$$

Dimana r_i adalah residu (error), yaitu:

$$r_i = y_i - f(x_i, \beta) \quad (2.19)$$

untuk $i = 1, 2, \dots, m$

Nilai S minimum terjadi ketika gradien bernilai nol. Fungsi model mengandung parameter-parameter n , dengan persamaan gradien n sebagai berikut.

$$\frac{\partial S}{\partial \beta_j} = 2 \sum_i r_i \frac{\partial r_i}{\partial \beta_j} = 0 \quad (j = 1, \dots, n) \quad (2.20)$$

Parameter kemudian disempurnakan secara iteratif, yaitu nilai-nilai diperoleh dengan pendekatan yang berurutan menggunakan persamaan 2.21

$$\beta_j \approx \beta_j^{k+1} = \beta_j^k + \Delta \beta_j$$

dimana, k adalah nomor iterasi dan kenaikan vektor, $\Delta \beta$ adalah pergeseran vektor. Iterasi dilakukan sampai mencapai konvergen, yaitu ketika nilai $\frac{\Delta \beta_j}{\beta_j}$ bernilai kurang dari 10^{-3} .

Algoritma *non-linier least square curve fitting* digunakan pada penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai parameter yang belum diketahui, yaitu kadar masing-masing penyusun *phantom*, nilai a dan b *scattering*, dan parameter G . Nilai

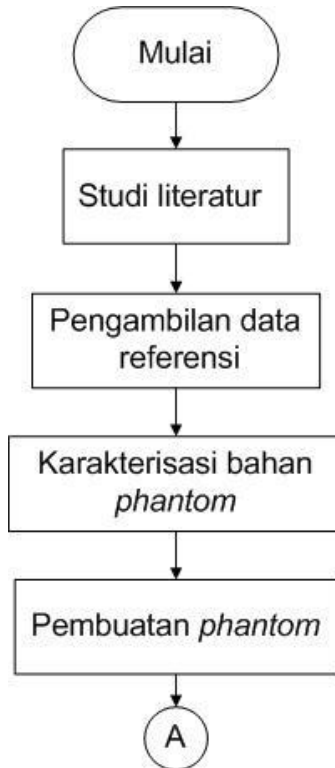
koefisien penyerapan masing-masing penyusun phantom hasil karakterisasi dimasukkan ke persamaan (2.5) dan (2.10), selanjutnya disubstitusikan ke persamaan difus dari RTE. Spektrum reflektansi difus yang didapatkan dari pengukuran reflektansi difus phantom difit dengan persamaan difus dari RTE untuk mendapatkan parameter-parameter yang tidak diketahui.

Halaman ini sengaja dikosongkan

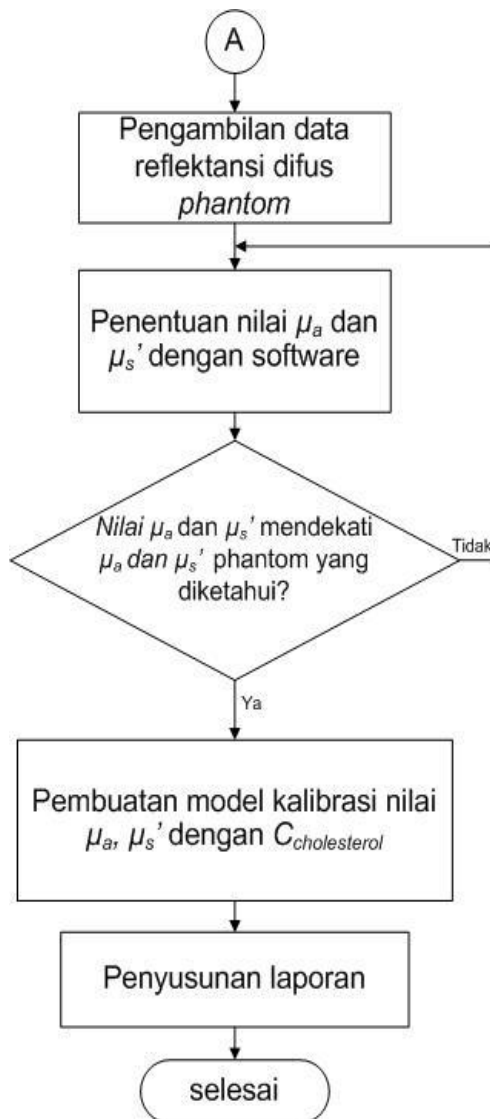
BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

Bab ini membahas pendekatan tahapan-tahapan yang dilakukan dalam proses penelitian dari tugas akhir. Pengerjaan tugas akhir dilakukan melalui metode eksperimental. Secara umum tahap-tahap pengerjaan tugas akhir ini dapat dilihat pada diagram alir 3.1.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 1(Lanjutan) Diagram Alir Penelitian

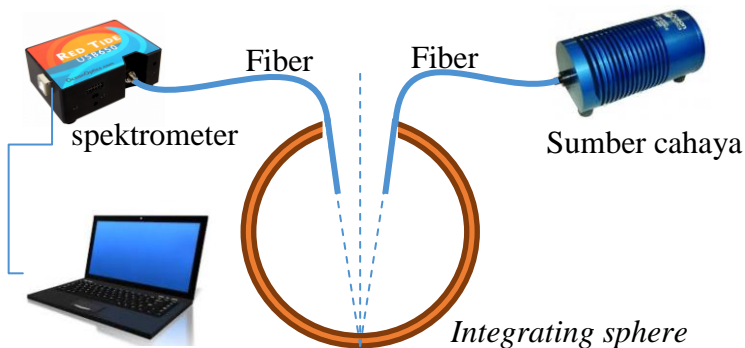
Berikut ini adalah alur dari penelitian tugas akhir ini:

3.2 Studi Literatur

Langkah pertama dalam penelitian ini dilakukan untuk menunjang keberhasilan penelitian yang akan dilakukan. Tahap studi literatur dilakukan untuk mengetahui prinsip dasar dari *diffuse reflectance spectroscopy*, *phantom*, dan karakteristik optis jaringan tubuh. Literatur yang digunakan adalah buku, jurnal penelitian ilmiah dan artikel ilmiah yang berhubungan dengan penelitian tugas akhir yang akan dilakukan.

3.1 Pengambilan data referensi

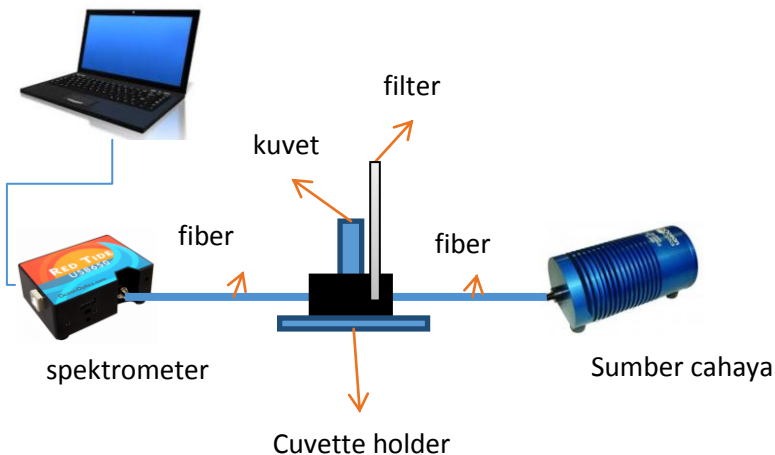
Pengambilan data referensi bertujuan untuk menghilangkan faktor-faktor yang dapat menyebabkan adanya error pada pengukuran dengan spectrometer yaitu seperti efisiensi fiber dan sensitivitas detektor. Pengambilan data referensi dilakukan dengan mengukur reflektansi standar menggunakan Integrating Sphere. Integrating Sphere memiliki lapisan yang berbahan BaSO₄, yang memiliki reflektivitas mendekati 100%, sehingga pada pengambilan data referensi, dilakukan pengukuran attenuasi total terhadap BaSO₄. Set up pengukuran reflektansi standar dapat dilihat pada gambar 3.2. Posisi fiber dari lampu dan fiber menuju spectrometer diatur sedemikian rupa agar arah sudut masing-masing terhadap bagian dalam *Integrating Sphere* memenuhi hukum Snellius I, yaitu sudut datang cahaya sama dengan sudut pantulnya.



Gambar 3.2 Set up pengukuran reflektansi standar

3.2 Karakterisasi bahan *phantom*

Pada tahap ini alat-alat yang digunakan dan bahan-bahan penyusun *phantom* dikarakterisasi terlebih dahulu untuk mendapatkan μ_a dan μ_s' masing-masing bahan yang terdiri dari bahan penyerap berupa air, tinta, dan kolestrol sedangkan untuk bahan *scatterer* berupa intralipid dan susu. Penggunaan susu sebagai *scatterer* ditujukan untuk simulasi program terhadap *phantom* sebelum digunakan *phantom* yang menggunakan Intralipid. Pemilihan susu disebabkan, sesuai dijelaskan pada subbab 2.4 bahwa *scattering* pada susu menyerupai Intralipid. Adapun alat yang dikarakterisasi parameter optiknya adalah filter dan kuvet, sedangkan bahan yang dikarakterisasi adalah air, intralipid, tinta India dan kolesterol. Karakterisasi air, tinta India dan kolesterol dilakukan dengan menggunakan spektroskopi absorpsi dengan set up pengukuran seperti pada Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3. 2 Set up spektroskopi absorpsi

Sampel dalam kuvet diletakkan dalam cuvette holder, selanjutnya kuvet disinari dengan sinar polikromatis pada rentang 700-1000 nm. Sumber yang digunakan adalah lampu halogen

Ocean Optics HL-2000. Cahaya yang telah melewati sampel kemudian ditangkap oleh spektrometer Red Tide Ocean Optics. Oleh karena keterbatasan rentang intensitas cahaya yang dapat diterima spektrometer, cahaya dari sumber dilewatkan pada Neutral Density Filter terlebih dahulu.

Absorpsi dari air, tinta India, susu dan kolesterol dikarakterisasi dengan menggunakan set up spektroskopi absorpsi seperti pada gambar 3.3. Absorpsi Intralipid tidak dikarakterisasi dengan asumsi absorpsinya sangat kecil dan dapat diabaikan. Metodologi spektroskopi absorpsi adalah sebagai berikut: sampel dalam kuvet diletakkan dalam *cuvette holder*, selanjutnya kuvet disinari dengan sinar polikromatis. Cahaya yang telah melewati sampel kemudian ditangkap oleh spectrometer. Untuk bahan dengan scattering yang dapat diabaikan seperti tinta dan air, maka dari pengukuran menggunakan set up ini dapat diperoleh koefisien absorpsi. Sementara itu untuk bahan dengan penghamburan yang relatif kuat, yaitu kolesterol dan susu, hanya dapat diperoleh koefisien atenuasi total atau *extinction coefficient* μ_t .

Koefisien absorpsi tinta India telah diketahui pada penelitian sebelumnya walaupun hanya pada panjang gelombang tertentu. Oleh karena itu, pada bahan tersebut dilakukan perhitungan kadar dengan koefisien absorpsi atau atenuasi *total intrinsic* yang diketahui untuk memperoleh faktor koreksi kadar. Rumus yang digunakan untuk menghitung kadar ditunjukkan oleh persamaan berikut

$$\begin{aligned}
 I &= I_0 e^{-\varepsilon_a \rho l} \\
 \varepsilon_a \rho l &= \ln \left(\frac{I_0}{I} \right) = A \\
 \rho &= \frac{A}{\varepsilon_a l}
 \end{aligned} \tag{3.2}$$

dimana I_0 adalah intensitas cahaya sebelum melewati sampel, I adalah intensitas cahaya setelah melewati sampel, dan l adalah lebar kuvet.

Setelah kadar dikoreksi (untuk tinta), maka koefisien absorpsi atau atenuasi total dapat dicari dengan

$$\varepsilon_a = \frac{\ln(I_0/I)}{\rho l} \quad (3.3)$$

Setelah sifat optis masing-masing bahan didapatkan, *phantom* dibuat dengan kadar campuran tertentu menggunakan *magnetic stirrer* selama 15 menit. Kadar masing-masing bahan dibuat sesuai hasil karakterisasi agar memiliki koefisien penyerapan dan *scattering* total yang sesuai dengan jaringan tubuh manusia, yaitu *Phantom* dibuat dengan mencampurkan bahan-bahan seperti disebut dalam subbab sebelumnya. Kadar bahan dibuat sesuai hasil karakterisasi agar *phantom* berada pada rentang koefisien penyerapan dan *scattering* total jaringan tubuh, yaitu 0,01-0,4 cm⁻¹ pada panjang gelombang 700-1000 nm untuk koefisien serapan dan 18,22-23,43 cm⁻¹ pada panjang gelombang 700-1000 nm untuk koefisien *scattering* (Jacques, 2013). Koefisien *scattering* kulit dapat dilihat pada Gambar 3.4. Adapun nilai μ_s *phantom* dihitung dengan rumus berikut

$$\begin{aligned} \mu_a = & f_{v.tissue}\mu_{a.tissue} + f_{v.water}\mu_{a.water} \\ & + 2.3 C_{cholesterol}\varepsilon_{cholesterol} \end{aligned} \quad (3.3)$$

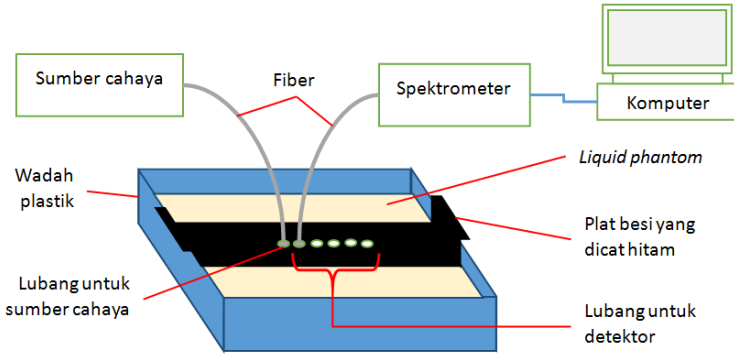
di mana $\mu_{a.tissue}$ diwakili oleh campuran air dan tinta india.

3.3 Pengambilan data reflektansi difus *phantom*

Adapun data *phantom* yang diambil terdiri atas spektrum reflektansi difus dari *phantom* yang telah dibuat, yang merupakan fungsi jarak dan panjang gelombang.

Pengambilan spektrum dilakukan dengan menggunakan fiber probe yang tersambung ke sumber cahaya dan spektrometer. Rentang panjang gelombang yang digunakan adalah 700 nm – 1000 nm. Berikut Gambar 3.4 adalah skema rencana pengambilan data. Untuk tiap *phantom* akan diambil 5 kali pengukuran pada

jarak yang berbeda dari sumber. Jarak antara sumber dan detektor adalah 0,93 cm, 1,405 cm, 1,849 cm, 2,213 cm dan 2,672 cm.



Gambar 3. 3 Skema rencana pengukuran

Nilai μ_a diperoleh dari persamaan 3.6 untuk *phantom* susu dan 3.7 untuk *phantom* Intralipid. Peniadaan kontribusi Intralipid terhadap penyerapan *phantom* dilakukan dengan asumsi penyerapan Intralipid sangat rendah.

$$\begin{aligned} \mu_a &= f_{v.tinta} \mu_{a.tinta} + f_{v.scatterer} \mu_{a.scatterer} \\ &+ f_{v.water} \mu_{a.water} \end{aligned} \quad (3.6)$$

$$\begin{aligned} \mu_a &= f_{v.tissue} \mu_{a.tissue} + f_{v.water} \mu_{a.water} + \\ &2.3 C_{cholesterol} \epsilon_{cholesterol} \end{aligned} \quad (3.7)$$

3.4 Penyusunan dan simulasi program fitting

Pada tahap ini dilakukan perancangan program *fitting* menggunakan software MATLAB untuk menentukan nilai μ_a dan μ_s' . Prinsip kerja program ini yaitu dilakukan fitting terhadap reflektansi phantom yang telah dinormalisasi dengan reflektansi standar menggunakan model reflektansi berikut (Prince & Malarvizhi, 2011)

$$R_{fit} = G \cdot R(\mu_a, \mu_s') \quad (4.1)$$

Nilai G adalah faktor proporsional yang dipengaruhi diameter fiber sumber dan detektor serta efisiensi fiber untuk meneruskan cahaya. $R(\mu_a, \mu_s')$ diperoleh dari persamaan 2.14. Penentuan nilai μ_a dan μ_s' dilakukan dengan memasukkan nilai reflektansi pada persamaan (2.5) dan (2.10). Substitusi dilakukan pada persamaan (2.5) dan (2.10) ke persamaan (2.16), kemudian dilakukan non-linear fitting menggunakan metode nonlinear least square fitting. Fitting dilakukan untuk mendapatkan parameter-parameter pada persamaan (2.5) dan (2.10).

Pada tahap simulasi, dibuat terlebih dahulu data reflektansi buatan dari koefisien absorpsi tinta hasil karakterisasi, koefisien scattering intralipid dari penelitian sebelumnya (Di Ninni, Martelli, & Zaccanti, Intralipid: towards a diffusive reference standard for optical tissue phantoms, 2011) dan data absorbansi akuades dari penelitian sebelumnya (Hale & Querry, 1973). Pada simulasi ini dibuat kadar tinta sebesar 0.00008, kadar intralipid sebesar 0.08, dan sisanya berupa air. Adapun nilai faktor proporsional G yang digunakan adalah 0.8.

3.5 Penentuan nilai μ_a dan μ_s' dengan program fitting

Pada proses ini dilakukan penentuan nilai μ_a dan μ_s' dari *liquid phantom tissue* yang telah dibuat. Data reflektansi dari phantom terlebih dahulu dihaluskan dengan metode *smoothing moving average* menggunakan Microsoft Office Excel. Setelah itu nilai μ_a dan μ_s' ditentukan dengan program fitting yang telah dibuat pada tahap 3.6.

Proses nilai penentuan μ_a dan μ_s' pada MATLAB dilakukan dengan memasukkan kelima data reflektansi pada panjang gelombang yang sama pada jarak 0,93 cm, 1,405 cm, 1,849 cm, 2,213 cm dan 2,672 cm.

3.6 Pembuatan model kalibrasi nilai μ_a, μ_s' dengan

$C_{cholesterol}$.

Setelah nilai μ_a dan μ_s' didapatkan, dibuat kurva hubungan kedua koefisien dengan perubahan nilai $C_{cholesterol}$. Dari kurva ini akan

ditentukan jenis regresi yang digunakan untuk membuat model kalibrasi antara μ_a, μ_s ' dengan $C_{cholesterol}$.

3.7 Penyusunan Laporan

Penyusunan Laporan Tugas akhir merupakan pembukuan serta dokumentasi dari semua langkah yang telah ditempuh dalam mengerjakan tugas akhir berupa sebuah tulisan ilmiah.

Halaman ini sengaja dikosongkan

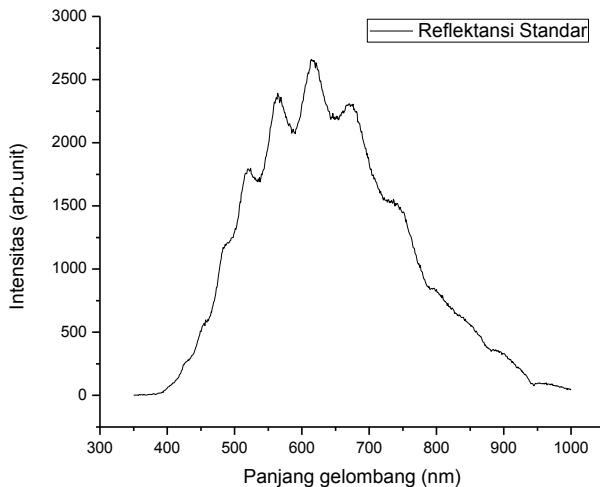
BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai hasil dan pembahasan karakterisasi bahan phantom yang digunakan, pengujian nilai reflektansi difus dari phantom, serta pengujian program fitting menggunakan *software* MATLAB yang digunakan untuk mendapatkan nilai koefisien penyerapan dan koefisien hamburan serta kadar kolesterol pada phantom yang dibuat dengan variasi kadar air, intralipid, tinta india, dan kolesterol yang berbeda.

4.1 Pengambilan Data Referensi

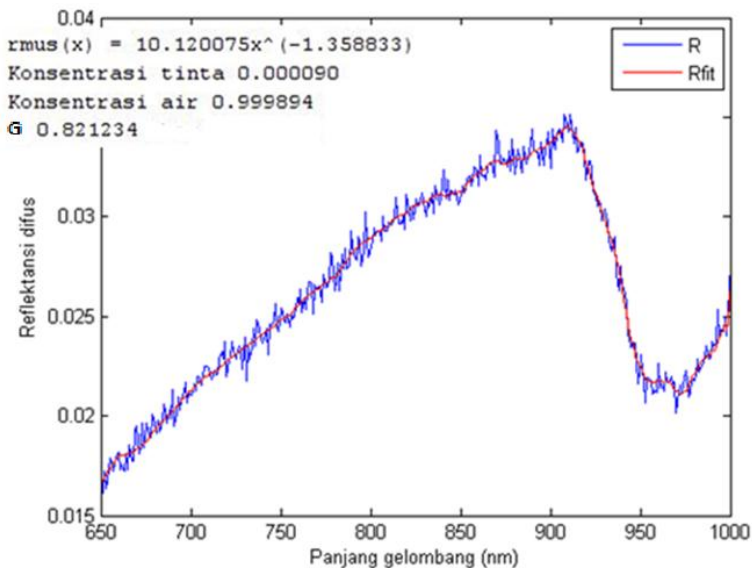
Pada tahap ini diambil spektrum pemantulan referensi menggunakan spektrometer dari standard pantulan difus dari BaSO₄, didapatkan spektrum seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.1. Spektrum pemantulan referensi selanjutnya digunakan untuk menormalisasikan spektrum refleksi difus dari *phantom* seperti pada persamaan 2.12.



Gambar 4. 1 Spektrum pemantulan referensi

4.2 Pengujian Program Fitting Spectra

Pada pengujian program fitting *spectra* ini dibuat kadar tinta sebesar 0.00008, kadar intralipid sebesar 0.08, dan sisanya berupa air. Adapun nilai faktor proporsional G yang dihasilkan pada pengujian program fitting ini adalah 0.8. Gambar 3.4 menunjukkan hasil pengujian program fitting untuk jarak sumber dan detektor sejauh 0.5 cm. Hasil pengujian program fitting menunjukkan bahwa program fitting yang telah dibuat dapat menunjukkan nilai prediksi kadar tinta, intralipid, dan air dengan baik.



Gambar 4. 2 Hasil simulasi program fitting

4.3 Karakterisasi Bahan Phantom

Pada tahap ini dilakukan karakterisasi bahan-bahan phantom yang digunakan, yaitu air, tinta india, dan kolesterol. Karakterisasi yang dilakukan terlebih dahulu yaitu untuk

mendapatkan persamaan koefisien absorpsi dari agen penyerap pada *phantom* meliputi tinta india, air, dan kolesterol.

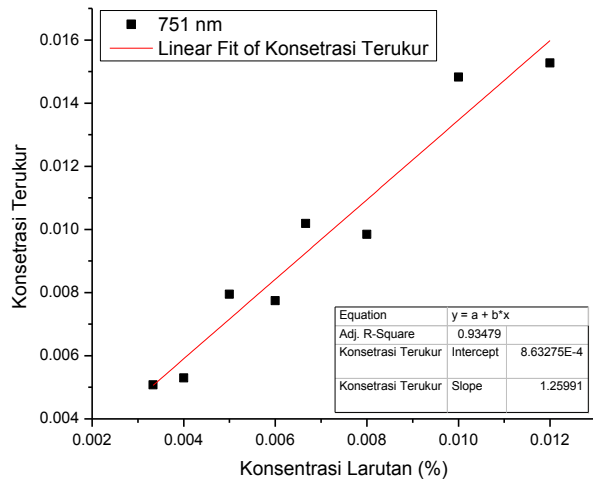
- **Karakterisasi Tinta India**

Terdapat empat jenis bahan yang dikarakterisasi, yaitu tinta India, kolesterol, dan susu. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Di Ninni (Di Ninni, Martelli, & Zaccanti, *Intralipid: towards a diffusive reference standard for optical tissue phantoms*, 2011; Di Ninni, Martelli, & Zaccanti, *The use of India Ink in tissue-simulating phantom*, 2010) koefisien absorbansi yang didapat ditunjukkan pada Tabel 4.1 berikut:

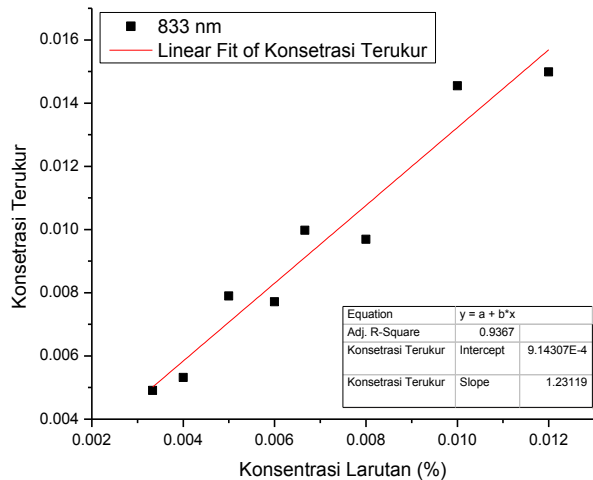
Tabel 4. 1 Koefisien Absorbansi Tinta India

λ (nm)	μ_a Tinta (cm ⁻¹)
751	6683.7
833	6091.8

Berdasarkan pengujian nilai koefisien absorbansi tinta india yang telah dilakukan dengan empat kadar tinta india yang berbeda, didapatkan persamaan regresi linier berdasarkan hubungan antara kadar larutan dan kadar terukur. Persamaan regresi linier ini menjadi persamaan koreksi. Terdapat dua persamaan koreksi dari dua panjang gelombang (751 nm dan 833 nm), sehingga kadar terkoreksi dihitung dari rata-rata kadar yang dikoreksi dengan kedua persamaan tersebut. Hubungan antara kadar larutan dan kadar terukur dari tinta india ditunjukkan pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2.



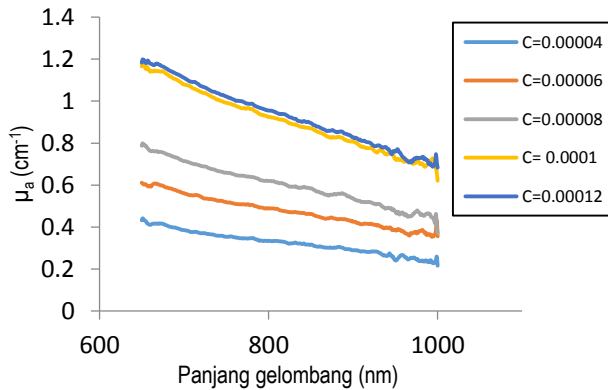
Gambar 4. 3 Koreksi kadar tinta India pada 751 nm



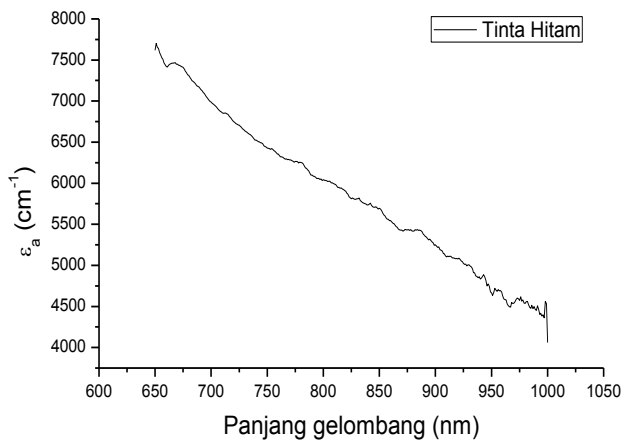
Gambar 4. 4 Koreksi kadar tinta India pada 833 nm

Kadar tinta yang telah dikoreksi kemudian digunakan untuk mencari koefisien absorpsi dan koefisien absorpsi intrinsik

tinta. Nilai koefisien yang diperoleh ditunjukkan pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4.



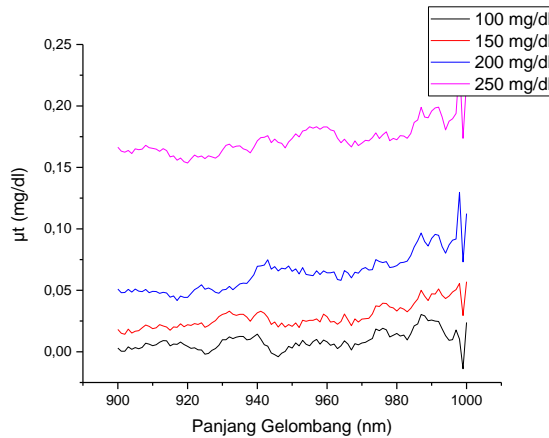
Gambar 4. 5 Koefisien absorpsi tinta India nonintrinsik



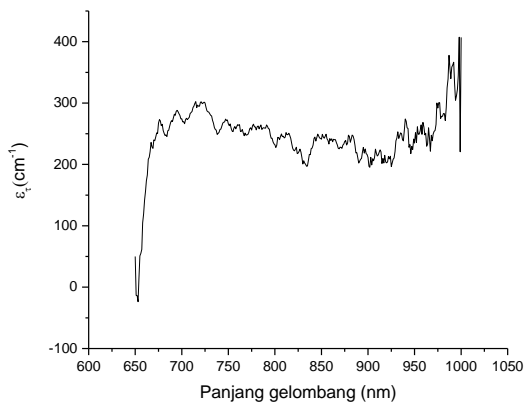
Gambar 4. 6 Koefisien absorpsi intrinsik tinta india

- Karakterisasi Kolesterol**

Gambar 4.5 menunjukkan parameter optik kolesterol pada lima kadar yang berbeda.

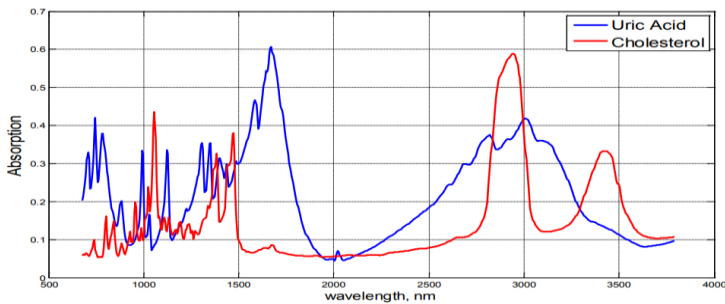


Gambar 4. 7 Koefisien atenuasi total kolesterol nonintrinsik



Gambar 4. 8 Koefisien absorpsi intrinsik kolesterol

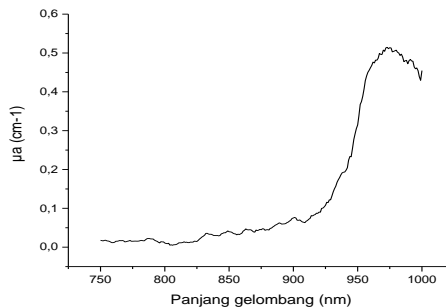
Hasil karakterisasi kolesterol yang telah dilakukan berbeda dengan nilai μ_a pada penelitian sebelumnya. (Kim, 2015) Perbedaan ini terjadi karena pada penelitian sebelumnya, nilai μ_a yang dihasilkan adalah murni koefisien absorpsi μ_a , sementara hasil yang diperoleh dari karakterisasi ini adalah ε_t yang merupakan perpaduan absorpsi dan *scattering*.



Gambar 4. 9 Koefisien absorpsi kolesterol (Kim, 2015)

- **Karakterisasi air**

Adapun Gambar 4.7 menunjukkan parameter optik air.



Gambar 4. 10 Koefisien absorpsi akuades

4.4 Pembuatan *phantom*

Berdasarkan hasil karakterisasi yang diperoleh, dibuat *phantom* dengan campuran air, intralipid, tinta sebagai pengujian

awal dengan variasi kadar seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.3 berikut.

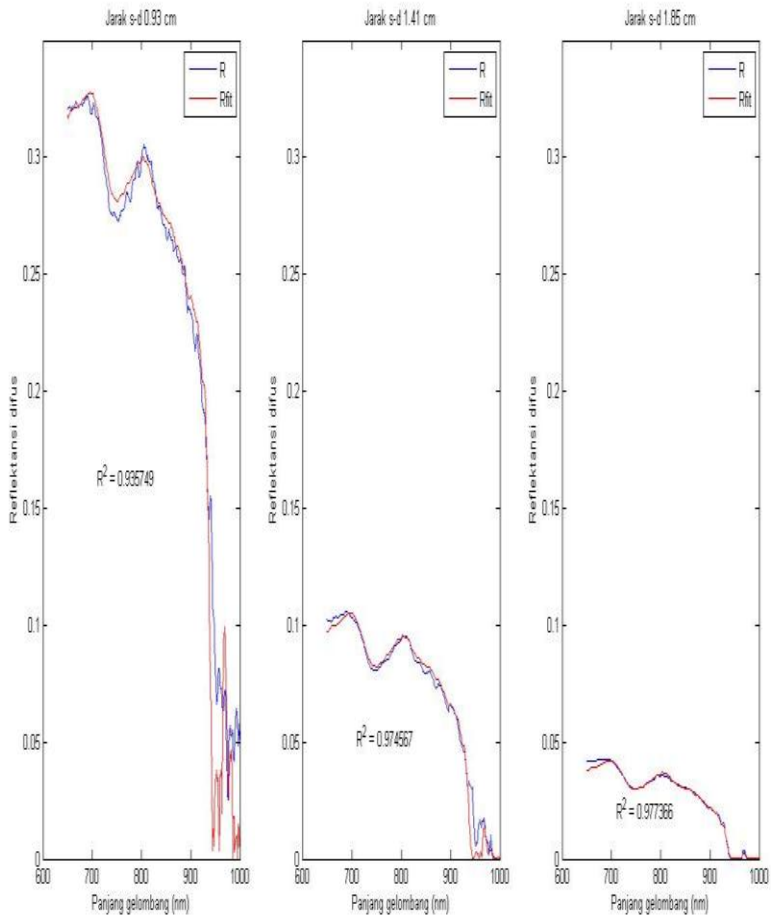
Tabel 4. 2 Variasi phantom dengan parameter Optik hasil perhitungan pada 800 nm

ID Sampel	Intralipid	Tinta	μ_a (cm^{-1})	μ_s' (cm^{-1})
1	0.098886	3.332E-06	0.044395	18.00578
2	0.098754	1.664E-05	0.148551	17.98181
3	0.107567	1.647E-05	0.147082	19.58448
4	0.116209	1.631E-05	0.145643	21.15576

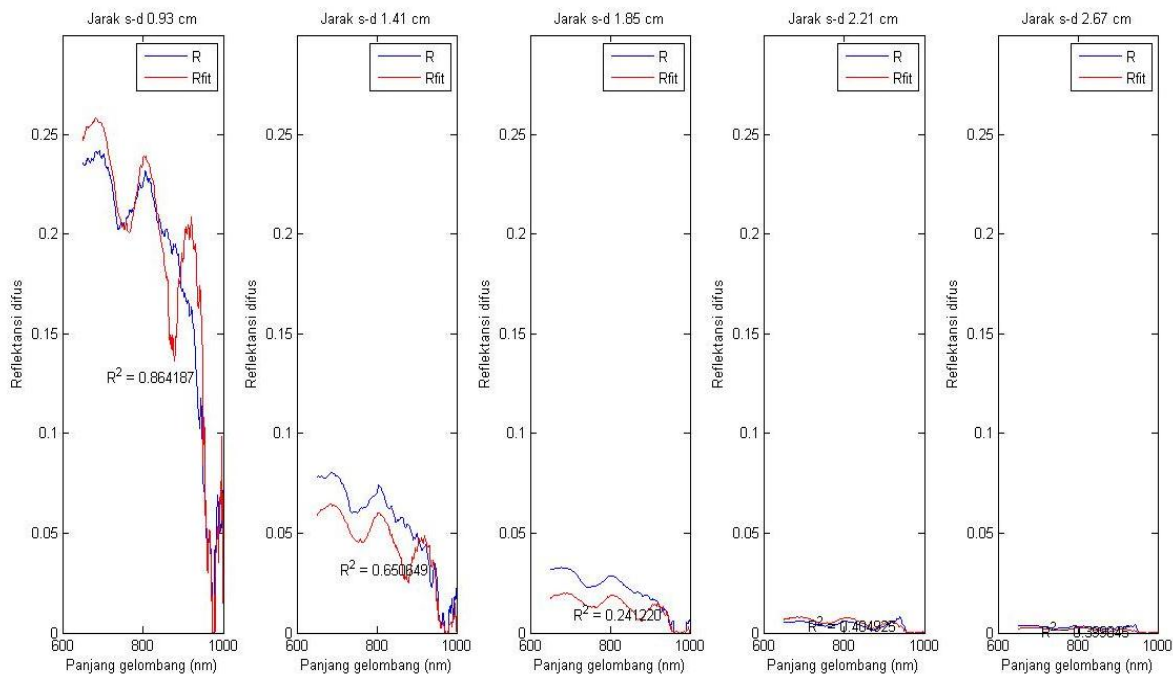
4. 5 Phantom Susu

• Fitting Data *Phantom Susu*

Data reflektansi dari *phantom* susu yang telah diukur diolah dengan program Matlab untuk mendapatkan parameter optik μ_a dan μ_s' total *phantom*. *Fitting* dilakukan dengan memasukkan nilai reflektansi dari 3 titik terdekat dari sumber, walaupun seperti telah dijelaskan pada bab sebelumnya, pengukuran dilakukan pada 5 titik dengan jarak yang berbeda dari sumber. Hal ini disebabkan data yang didapat dari titik pengukuran dengan jarak yang lebih jauh memiliki *signal to noise* ratio yang rendah. Penggunaan dua titik pengukuran terjauh sangat mempengaruhi hasil *fitting*.



Gambar 4. 11 Hasil fitting sampel untuk 3 titik pengukuran jarak sumber detector terdekat



Gambar 4. 12 Hasil fitting sampel untuk seluruh 5 titik pengukuran

Gambar 4.8 menunjukkan hasil yang diperoleh jika fitting hanya dilakukan pada reflektansi dari tiga jarak sumber detektor terdekat. Dapat dilihat bahwa hasil fitting untuk masing-masing reflektansi dari ketiga jarak menghasilkan nilai koefisien korelasi di atas 0,8. Hal ini berarti bahwa hasil fitting mendekati hasil pengukuran. Sementara itu, gambar 4.9 menunjukkan hasil fitting jika digunakan reflektansi dari 5 titik pengukuran. Dapat dilihat bahwa nilai koefisien korelasi yang dihasilkan relatif kecil.

- **Perbandingan Parameter Optik *Phantom Susu***

Koefisien absorpsi yang diperoleh dari hasil fitting dibandingkan dengan koefisien hasil perhitungan. Tabel berikut menunjukkan parameter a dan b *scattering*, parameter G serta koefisien absorpsi μ_a pada 800 nm yang diperoleh melalui fitting dengan 3 variasi titik pengukuran.

Error relatif dari pengukuran kadar tinta, Intralipid dan akuades yang menentukan besarnya koefisien absorpsi dapat dilihat pada gambar 4.11 Adapun error pengukuran maksimum adalah $\pm 16,53\%$ untuk tinta, $\pm 17,23\%$ untuk susu, dan $\pm 15,06\%$ untuk air.

Tabel 4. 3 Parameter phantom susu dari fitting 3 titik pengukuran (μ_a pada 800 nm)

Sampel	tinta	Air	susu	a	b	G	μ_a (cm^{-1})
1	0.01111%	0.708	0.190	0.430	1.0000	11.709	0.704
2	0.0092%	0.900	0.200	0.590	1.0668	12.722	0.627
3	0.0082%	0.900	0.200	0.796	1.0000	11.655	0.527
4	0.0092%	0.861	0.171	0.451	2.0215	13.566	0.625
5	0.0116%	0.900	0.200	0.865	1.1393	11.467	0.772

4.6 Phantom Intralipid

• Perbandingan Parameter Optik *Phantom* Intralipid-Kolesterol

Koefisien absorpsi yang diperoleh dari hasil fitting dibandingkan dengan koefisien hasil perhitungan. Tabel berikut menunjukkan parameter *a* dan *b scattering*, parameter *G* serta koefisien absorpsi μ_a pada 998 nm yang diperoleh melalui fitting dengan 3 variasi titik pengukuran.

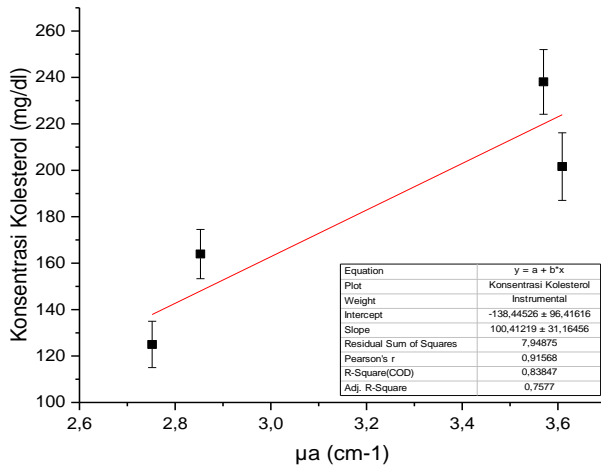
Tabel 4. 4 Parameter phantom Intralipid-kolesterol dari fitting 3 titik pengukuran (μ_a pada 998 nm)

Sampel	tinta	Air	A	B	G	μ_a (cm ⁻¹)
1	3.36.E-05	0.8971	0.0348	4.9776	29.7172	2.752
2	3.20.E-05	0.8916	0.6733	1.6224	13.9620	2.853
3	3.90.E-05	0.9000	0.2288	2.0226	18.9633	3.609
4	2.90.E-05	0.8939	0.7553	1.3779	9.5793	3.57

Error relatif maksimum yang didapatkan dari pengukuran kadar tinta dan akuades adalah 20,84% untuk tinta dan 4,29% untuk air. Error terbesar diperoleh dari sampel 3 dan sampel 4. Hal ini disebabkan kesalahan akuisisi data sehingga data yang didapat memiliki *signal to noise ratio* yang rendah.

• Korelasi Antara Koefisien Absorpsi dan Kadar Kolesterol

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa kolesterol memiliki puncak absorbansi pada panjang gelombang 998 nm, sehingga untuk mendapatkan hubungan antara kolesterol dan koefisien absorpsi *phantom* maupun kolesterol, koefisien absorpsi pada panjang gelombang 998 nm dapat digunakan untuk menentukan korelasi antara koefisien absorpsi dan kadar kolesterol. Korelasi yang dibangun dapat dilihat pada Gambar 4.13 berikut.

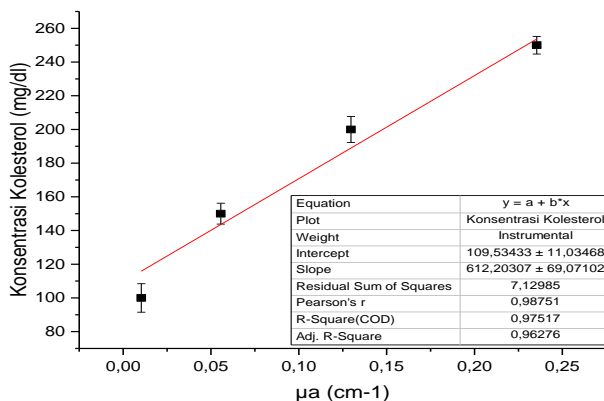


Gambar 4. 13 Korelasi koefisien absorpsi kolesterol dan terhadap kadar kolesterol

Korelasi antara koefisien absorpsi kolesterol dan kadar kolesterol menggunakan metode *Diffuse Reflectance Spectroscopy* yang didapatkan adalah semakin besar nilai koefisien absorpsi maka semakin besar kadar kolesterol, dengan nilai slope korelasi sebesar 96,89 dan error rata-rata 0,097. Nilai akurasi yang dihasilkan dari pengukuran menggunakan metode *Diffuse Reflectance Spectroscopy* adalah 90,3%, dan tingkat kepresisian pengukuran sebesar 0,96%.

4.5 Perbandingan Koefisien Absorpsi Kolesterol pada Metode Spektroskopi Absorpsi dan Metode DRS

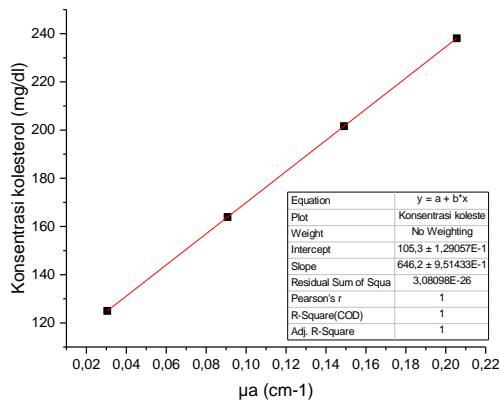
Berdasarkan hasil karakterisasi kolesterol yang telah dilakukan sebelumnya, didapatkan korelasi antara koefisien absorpsi kolesterol dengan kadar kolesterol hasil pengukuran menggunakan spektroskopi absorpsi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.14 berikut.



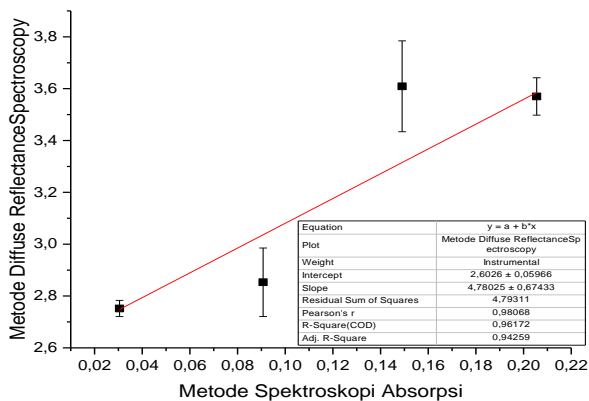
Gambar 4. 14 Korelasi koefisien absorpsi kolesterol dan terhadap kadar kolesterol dengan metode spektroskopi absorpsi

Korelasi antara koefisien absorpsi kolesterol dan kadar kolesterol yang didapatkan menggunakan metode spektroskopi absorpsi menunjukkan bahwa semakin besar nilai koefisien absorpsi maka semakin besar kadar kolesterol yang diukur dengan nilai slope 646,2.

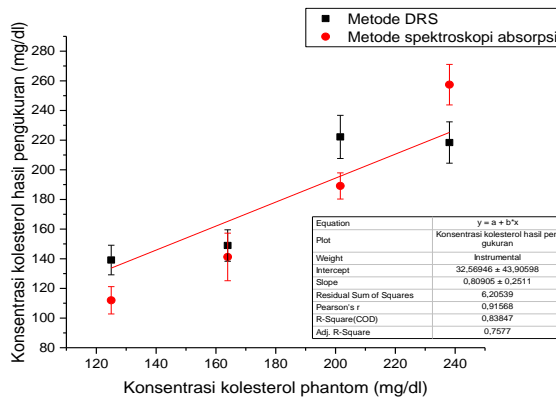
Korelasi antara nilai koefisien absorpsi hasil pengukuran dengan metode spektroskopi absorpsi terhadap nilai konsentrasi kolesterol yang sama pada pengukuran menggunakan metode DRS ditunjukkan pada Gambar 4.15. Nilai koefisien absorpsi kolesterol pada metode DRS lebih besar dibandingkan dengan nilai koefisien absorpsi kolesterol pada metode spektroskopi absorpsi. Salah satu penyebabnya adalah ketidakakuratan program fitting dalam menentukan koefisien absorpsi *phantom* pada metode DRS. Perbandingan pengukuran koefisien absorpsi kolesterol menggunakan metode spektroskopi absorpsi dengan metode DRS ditunjukkan pada Gambar 4.16, dimana nilai slope yang didapatkan adalah 5,509.



Gambar 4. 15 Korelasi koefisien absorpsi kolesterol pada metode spektroskopi absorpsi terhadap konsentrasi kolesterol pada metode DRS



Gambar 4. 16 Perbandingan pengukuran koefisien absorpsi kolesterol menggunakan metode spektroskopi absorpsi dengan metode DRS



Gambar 4. 17 Perbandingan konsentrasi kolesterol hasil pengukuran menggunakan metode spektroskopi absorpsi dengan metode DRS

Gambar 4.17 menunjukkan perbandingan konsentrasi kolesterol hasil pengukuran menggunakan metode spektroskopi absorpsi dengan metode DRS. Konsentrasi kolesterol hasil pengukuran menggunakan DRS lebih mendekati konsentrasi kolesterol *phantom* daripada konsentrasi kolesterol hasil pengukuran menggunakan metode spektroskopi absorpsi, dengan akurasi sebesar 90,3%, dan tingkat kepresisian pengukuran sebesar 0,96%.

Nilai slope yang diharapkan pada perbandingan pengukuran koefisien absorpsi kolesterol menggunakan metode spektroskopi absorpsi dengan metode DRS adalah sebesar 1, yang menunjukkan bahwa hasil pengukuran dengan kedua metode ini menghasilkan nilai yang sama. Namun penggunaan *Diffuse Reflectance Spectroscopy* ini mampu mengekstraksi koefisien absorpsi dan *scattering* dari *phantom* intralipid-kolesterol dengan baik, dan dapat menghasilkan korelasi antara koefisien absorpsi kolesterol dengan kadar kolesterol pada *phantom* pada rentang $2,752 \text{ cm}^{-1}$ sampai $3,57 \text{ cm}^{-1}$, atau kadar kolesterol dalam darah sebesar 125 mg/dl sampai 238 mg/dl.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari tugas akhir yang dilaksanakan ini adalah sebagai berikut

1. Nilai μ_a dan μ_s' dari *phantom* air-susu-tinta dan air-intralipid-tinta-kolesterol telah didapatkan menggunakan Diffuse Reflectance Spectroscopy. Nilai μ_a ditentukan dari kadar penyerap bahan *phantom*, sedangkan nilai μ_s' ditentukan oleh parameter a dan b Mie Scattering.
2. Korelasi yang baik antara koefisien absorpsi *phantom* dan kadar kolesterol telah didapatkan untuk pengukuran kadar kolesterol pada *phantom* menggunakan *Diffuse reflectance spectroscopy* pada rentang 125 mg/dl sampai 238 mg/dl dengan nilai akurasi yang dihasilkan adalah 90,3%, dan tingkat kepresisian sebesar 0,96%.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian ke depan terkait tugas akhir ini adalah

1. Perlu dikaji metode pengukuran *scattering* secara in vitro agar koefisien *scattering* yang diperoleh dapat divalidasi.
2. Desain fiber holder dan set-up pengukuran reflektansi difus perlu dikaji ulang agar tidak ada variasi jarak sumber-detektor yang terlalu jauh sehingga menimbulkan *signal to noise ratio* yang rendah.
3. Algoritma program fitting perlu dikaji ulang agar diperoleh hasil fitting yang lebih akurat.

Halaman ini memang dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Alburg, T., & Kraus, D. (2014). *Diffuse Reflectance Spectroscopy As A Tool To Evaluate Liver Tissue*. Swedia: Lund University.
- CDC. (2015, Maret 16). *Cholesterol*. Retrieved Januari 30, 2017, from Centers for Disease Control and Prevention: <https://www.cdc.gov/cholesterol/about.htm>
- Di Ninni, P., Martelli, F., & Zaccanti, G. (2011). Intralipid: towards a diffusive reference standard for optical tissue phantoms. *Physics in Medicine and Biology* (56), N21-N28.
- Guo, C., Han, T., Zhang, Z., Sun, D., & Liu, J. (2016). Optimization on source detector distance for the glucose sensing in a tissue phantom using near infrared diffuse spectra. *Optics in Health Care and Biomedical Optics VII. 10024*. Beijing: Proceedings of SPIE.
- Hale, G. M., & Querry, M. R. (1973). Optical constants of water in the 200 nm to 200 μ m wavelength region. *Applied Optics* , 12, 555-563.
- Hou, H., Han, Y., Dong, M., & e. a. (2017). The research on noninvasive detection of skin cholesterol by diffuse reflectance spectroscopy. (X. Li, & Q. Luo, Eds.) *International Conference on Innovative Optical Health Science* , 10245, 1-5.
- Jacques, S. L. (2013). Optical properties of biological tissue: a review. *Physics in Medicine and Biology* , 58, 37-61.
- Jacques, S. L., & Prahl, S. A. (1998). Retrieved from Oregon Medical Laser Center: ECE 532. Introduction to

Biomedical Optics: 3. Optical Properties:
<http://omlc.org/classroom/ece532/class3/index.html>

- Jaross, W., Neumeister, V., Lattke, P., & e. a. (1999). Determination of cholesterol in atherosclerotic plaque using near infrare diffuse reflection spectroscopy. *Atherosclerosis* , 327-337.
- Jiang, J., Zhang, L., Zhang, K., & e. a. (2012). Quantitative influence of cholesterol on non-invasive blood glucose sensing studied with NIR spectroscopy. *Dynamics and Fluctuations in Biomedical Photonics* , 1-7.
- Jung, E. C., & Maibach, H. I. (2014). Animal Models for Percutaneous Absorption. *Topical Drug Bioavailability, Bioequivalence, and Penetration* , 21-30.
- Kim, J. (2015). Noninvasive Uric acid Monitoring Device using Near-Infrared. *J Biosens Bioelectron* , 6, 1-6.
- Liu, K. Z., Shi, M., Man, A., & e. a. (2005). Quantitative Determination of Serum LDL cholesterol by near-infraredsSpectroscopy. *Vibrational Spectroscopy* , 203-208.
- NHLBI. (2016, Juni 22). *Atherosclerosis*. Retrieved Januari 30, 2017, from National Heart, Lung, and Blood Institute: <https://www.nhlbi.nih.gov/health/health-topics/topics/atherosclerosis>
- Prince, S., & Malarvizhi, S. (2011). Modelling of Diseased Tissue Diffuse Reflectance and Extraction of Optical Properties. In S. I. Ao, & L. Gelman (Eds.), *Electrical Engineering and Applied Computing* (pp. 649-660). Springer.
- Pully, V. V., & Cerutti, S. (2013). *Diffuse reflectance spectroscopy for tissues studies and liver vitality check*. Netherlands: Politecno di Milano.

- Saager, R. B., Quach, A., Rowland, R. A., Badado, M. L., & Durkin, A. J. (2016). Low-cost simulating phantoms with adjustable wavelength-dependent scattering properties in the visible and infrared ranges. *Journal of Biomedical Optics* , 21 (6), 067001-1-076001-7.
- Sorensem Dam, J. (2000). Optical Analysis of biological media - continuous wave diffuse spectroscopy.
- Sorensem Dam, J. (2000). Optical Analysis of biological media - continuous wave diffuse spectroscopy.
- Srivastava, A., Chowdhury, M. K., Sharma, S., & Sharma, N. (2016). In-vitro measurement of glucose concentration in human blood plasma mixed with intralipid phantom samples by using modulated ultrasound and infrared light. *British Biotechnology Journal* , 13 (1), 1-14.
- The use of India Ink in tissue-simulating phantom2010*Optics Express* 1826
- Ullah, H., Ahmed, E., & Ikram, M. (2014). Monitoring of glucose levels in mouse blood with noninvasive optical method. *Laser Physics* , 24, 1-8.
- Yatim, N. N., Zain, Z. M., Jaafar, M. Z., Yusof, Z. M., Laili, A. R., Laili, M. H., et al. (2014). Diffuse Reflectance Near Infrared Spectroscopy and Chemometrics Analysis based on In Vitro Sample and Human Skin. *IEEE Conferences on Systems, Process and Control (ICSPC 2014)*, (pp. 30-35). Kuala Lumpur.

Halaman ini memang dikosongkan

Lampiran A

Program non nonlinear-least square fitting pada Matlab R2009a

```
tic
clear all
close all
clc
%Mencari parameter scattering A dan B, mua
intralipid/susu serta
%konsentrasi air, tinta dan kolesterol
% mua air dan tinta diketahui
% Pengambilan Data
global x r n a muaw muatin muaf muag

jarak = [0.93 1.405 1.849 2.213 2.672]; % jarak
source-detektor dalam cm
%Input ID sampel
nosampel = num2str(5);
nouji = num2str(5);

%Mengambil nilai R phantom dari excel
filedifus =
xlsread('phantomintra.xls',1,'B3:D353');
[n C] = size(filedifus); %n : rentang panjang
gelombang, C : banyak titik pengukuran
x = 650:1000; %lamda
r = jarak(1:C);

for i=1:C
    Rdtot(1+(i-1)*n:i*n) = filedifus(:,i)';
end

%Mengambil nilai mua air, mua tinta, mua
kolesterol, dan nilai a yang terkait indeks bias
%phantom
filename = 'nilaimua.xls';
filemua = xlsread(filename,2,'B3:F353');
muaw = filemua(:,1)'; %mua water
```

```

muatin = filemua(:,2)'; %mua tinta
muag = filemua(:,5)'; %mua kolesterol
a = xlsread('nilaimua.xls',2,'H9');

%% Memulai Fitting
% Penetapan batas atas, batas bawah dan asumsi
nilai awal parameter
% mua susu/intralipid = d(1:n)
% fraksi tinta = d(n+1)
% fraksi air = d(n+2)
% A = d(n+3)
% B = d(n+4)
% efisiensi fiber = d(n+5)

f0 = [0.000025 0.86 6 1 15 0.01];
ub = [0.0003 0.99 100 5 200 1];
lb = [0.000001 0.7 0 1 0 0];

%Anonymous function untuk menghitung selisih
hasil "pengukuran" dan fitting
fun = @(d)(mydiff11(d)-Rdtot)./Rdtot;
options =
optimset('MaxFunEvals',5000*n,'MaxIter',2000);

%Fitting
[d,resnorm] = lsqnonlin(fun,f0,lb,ub,options);

%% Menampilkan Data
figure(1)
p=0;
Rdfit = mydiff11(d);

for j=1:length(r)
    p=p+1;
    subplot(1,length(r),p)
    plot(x,Rdtot(1+(p-
1)*n:p*n),'b',x,Rdfit(1+(p-1)*n:p*n),'r')

```

```

        xlabel(sprintf('Panjang gelombang
(nm) '))
        ylabel(sprintf('Reflektansi difus'))
        title(sprintf('Jarak s-d %.2f
cm',r(j)));
        legend('R','Rfit');
        SStot = sum((Rdtot(1+(p-1)*n:p*n) -
mean(Rdtot(1+(p-1)*n:p*n))).^2);
        SSres = sum((Rdtot(1+(p-1)*n:p*n) -
Rdfit(1+(p-1)*n:p*n)).^2);
        r2 = 1-(SSres/SStot);
        text(710,max(Rdfit(1+(p-
1)*n:p*n))/2,sprintf('R^2 = %.6f',r2));
end

figure(2)
muas = d(6)*muag;
semilogy(x,muas)
xlabel(sprintf('Panjang gelombang (nm)'))
ylabel(sprintf('mua (cm^-1)'))
title('mua kolesterol');
savefile = ['D:\TA banget\SEMINAR TA\uji phantom
',nosampel,' ',nouji,' mua kolesterol.mat'];
save(savefile,'muas');

figure(3)
semilogy(x,muatin)
xlabel(sprintf('Panjang gelombang (nm)'))
ylabel(sprintf('mua (cm^-1)'))
title('mua tinta');
savefile = ['D:\TA banget\SEMINAR TA\uji phantom
',nosampel,' ',nouji,' mua tin.mat'];
save(savefile,'muatin');

figure(4)
semilogy(x,muaw)
xlabel(sprintf('Panjang gelombang (nm)'))
ylabel(sprintf('mua (cm^-1)'))
title('mua air');

```

```

savefile = ['D:\TA banget\SEMINAR TA\uji phantom
',nosampel,' ',nouji,' mua air.mat'];
save(savefile,'muaw');

```

```

figure(5)
semilogy(x,muaf)
xlabel(sprintf('Panjang gelombang (nm)'))
ylabel(sprintf('mua (cm^-1)'))
title('mua total');
savefile = ['D:\TA banget\SEMINAR TA\uji phantom
',nosampel,' ',nouji,' mua total.mat'];
save(savefile,'muaf');

```

```

%Menampilkan nilai parameter
fprintf('Kadar tinta %.8f \n',d(1));
fprintf('Kadar air %f \n',d(2));
fprintf('Konsentrasi susu/intralipid %f
\n',d(n+3));
fprintf('Kadar kolesterol %.2f mM \n',d(6));
fprintf('rmus(x) = %fx^(-%f) \n',d(3),d(4));
fprintf('Efisiensi fiber %f \n',d(5));
fprintf('squared of normalized residual = %.8f
\n',resnorm);

```

Program Fitting hasil pengukuran reflektansi difus dari phantom

```

function Rdtot = mydiff11(d)
% Fitting terhadap % n = range lamda
% rmus = Ax^(-B)
% mua kolesterol = d(1:n)
% fraksi tinta = d(n+1)
% fraksi air = d(n+2)
% A = d(n+3)
% B = d(n+4)
% efisiensi fiber = d(n+5)

global x r n a rmusf muaf muatin muaw muag Rdfit
Rdtot = zeros(1,n*length(r));
muaf = d(1)*muatin + d(2)*muaw + d(6)*muag;

```

```

rmusf =d(3).*((x./1000).^(-d(4))); %persamaan
rmus intralipid dari Di Ninni 2011
mueff = sqrt(3.*muaf.*(muaf+rmusf));

for j=1:length(r)
    m = j;
    z0 = 1./(muaf+rmusf);
    r1 = sqrt(z0.^2 + r(j)^2);
    zb = z0.*(2*a/3);
    r2 = sqrt((z0+2.*zb).^2 + r(j)^2);

    Td = ((z0./(4.*pi)).*(1./r1.^2).*exp(-
mueff.*r1)).*(mueff+1./r1)+...
        (((z0+2.*zb)./(4.*pi)).*(1./r2.^2).*exp(-
mueff.*r2)).*(mueff+1./r2);
    Rdffit= Td.*d(5);
    Rdtot(1+(m-1)*n:m*n) = Rdffit;
end

```

Halaman ini sengaja dikosongkan

Lampiran B

Data nilai reflektansi difus phantom intralipid ternormalisasi

panjang gelombang	Rnorm Phantom 1				
	R1	R2	R3	R4	R5
700	0.3389	0.2387	0.0438	0.0203	0.0101
701	0.3416	0.2414	0.0432	0.0197	0.0098
702	0.3410	0.2387	0.0425	0.0192	0.0098
703	0.3362	0.2351	0.0433	0.0185	0.0094
704	0.3418	0.2389	0.0443	0.0194	0.0098
705	0.3389	0.2379	0.0435	0.0195	0.0097
706	0.3332	0.2347	0.0422	0.0199	0.0101
707	0.3382	0.2367	0.0430	0.0207	0.0105
708	0.3336	0.2316	0.0424	0.0195	0.0095
709	0.3363	0.2310	0.0421	0.0192	0.0086
710	0.3356	0.2284	0.0427	0.0189	0.0094
711	0.3332	0.2271	0.0421	0.0183	0.0095
712	0.3328	0.2274	0.0422	0.0188	0.0101
713	0.3315	0.2272	0.0405	0.0179	0.0085
714	0.3326	0.2253	0.0404	0.0195	0.0089
715	0.3292	0.2210	0.0384	0.0180	0.0083
716	0.3323	0.2206	0.0377	0.0190	0.0096
717	0.3232	0.2159	0.0366	0.0180	0.0101
718	0.3251	0.2164	0.0391	0.0197	0.0111
719	0.3234	0.2141	0.0397	0.0192	0.0105
720	0.3243	0.2140	0.0401	0.0187	0.0096
721	0.3264	0.2155	0.0396	0.0184	0.0093
722	0.3175	0.2104	0.0379	0.0174	0.0092
723	0.3185	0.2100	0.0377	0.0173	0.0090
724	0.3145	0.2044	0.0360	0.0164	0.0072

725	0.3125	0.2031	0.0348	0.0158	0.0060
726	0.3088	0.2000	0.0338	0.0158	0.0058
727	0.3118	0.2031	0.0356	0.0154	0.0075
728	0.3049	0.1979	0.0370	0.0150	0.0071
729	0.3028	0.1950	0.0370	0.0137	0.0061
730	0.3055	0.1955	0.0359	0.0141	0.0056
731	0.3013	0.1902	0.0328	0.0136	0.0055
732	0.3029	0.1889	0.0325	0.0146	0.0061
733	0.2956	0.1833	0.0321	0.0131	0.0044
734	0.2966	0.1833	0.0317	0.0132	0.0045
735	0.2972	0.1833	0.0312	0.0127	0.0043
736	0.2902	0.1780	0.0301	0.0128	0.0054
737	0.2900	0.1777	0.0303	0.0125	0.0050
738	0.2930	0.1811	0.0314	0.0132	0.0059
739	0.2873	0.1784	0.0301	0.0130	0.0058
740	0.2903	0.1810	0.0304	0.0128	0.0057
741	0.2889	0.1771	0.0291	0.0124	0.0056
742	0.2882	0.1748	0.0288	0.0122	0.0055
743	0.2903	0.1749	0.0298	0.0132	0.0065
744	0.2925	0.1768	0.0304	0.0127	0.0063
745	0.2935	0.1823	0.0318	0.0135	0.0063
746	0.2888	0.1794	0.0313	0.0132	0.0063
747	0.2914	0.1805	0.0320	0.0142	0.0068
748	0.2937	0.1783	0.0310	0.0136	0.0067
749	0.2937	0.1796	0.0316	0.0143	0.0076
750	0.2899	0.1778	0.0315	0.0139	0.0072
751	0.2902	0.1761	0.0316	0.0150	0.0074
752	0.2907	0.1740	0.0313	0.0149	0.0063
753	0.2889	0.1728	0.0301	0.0134	0.0051
754	0.2944	0.1780	0.0312	0.0131	0.0051

755	0.2861	0.1743	0.0305	0.0117	0.0052
756	0.2914	0.1769	0.0314	0.0130	0.0063
757	0.2915	0.1768	0.0306	0.0126	0.0069
758	0.2935	0.1773	0.0306	0.0124	0.0068
759	0.2966	0.1793	0.0319	0.0132	0.0069
760	0.2956	0.1775	0.0322	0.0134	0.0059
761	0.2983	0.1788	0.0328	0.0151	0.0060
762	0.2946	0.1780	0.0318	0.0147	0.0063
763	0.2955	0.1799	0.0328	0.0143	0.0074
764	0.2964	0.1815	0.0325	0.0137	0.0075
765	0.3051	0.1839	0.0338	0.0146	0.0075
766	0.2990	0.1800	0.0342	0.0149	0.0067
767	0.2958	0.1798	0.0338	0.0147	0.0056
768	0.3002	0.1848	0.0340	0.0151	0.0066
769	0.3009	0.1867	0.0339	0.0170	0.0079
770	0.3008	0.1848	0.0345	0.0185	0.0105
771	0.3053	0.1858	0.0366	0.0173	0.0102
772	0.3049	0.1853	0.0349	0.0143	0.0105
773	0.3011	0.1841	0.0336	0.0126	0.0084
774	0.2961	0.1811	0.0315	0.0135	0.0079
775	0.3059	0.1863	0.0348	0.0153	0.0090
776	0.2986	0.1798	0.0349	0.0146	0.0096
777	0.3075	0.1869	0.0367	0.0146	0.0092
778	0.3014	0.1846	0.0335	0.0141	0.0064
779	0.2998	0.1853	0.0320	0.0139	0.0053
780	0.3044	0.1892	0.0309	0.0138	0.0056
781	0.3077	0.1891	0.0325	0.0131	0.0050
782	0.3052	0.1851	0.0325	0.0140	0.0046
783	0.3092	0.1863	0.0346	0.0151	0.0055
784	0.3081	0.1870	0.0352	0.0159	0.0049

785	0.3086	0.1893	0.0351	0.0165	0.0060
786	0.3087	0.1894	0.0325	0.0152	0.0041
787	0.3101	0.1908	0.0313	0.0161	0.0074
788	0.3131	0.1954	0.0342	0.0159	0.0075
789	0.3091	0.1942	0.0372	0.0162	0.0085
790	0.3172	0.1980	0.0373	0.0178	0.0094
791	0.3184	0.1961	0.0373	0.0188	0.0106
792	0.3149	0.1937	0.0348	0.0176	0.0096
793	0.3118	0.1905	0.0356	0.0162	0.0076
794	0.3105	0.1901	0.0350	0.0148	0.0060
795	0.3096	0.1915	0.0377	0.0172	0.0069
796	0.3078	0.1922	0.0379	0.0154	0.0063
797	0.3068	0.1892	0.0377	0.0152	0.0060
798	0.3090	0.1905	0.0372	0.0140	0.0056
799	0.3152	0.1943	0.0380	0.0157	0.0076
800	0.3136	0.1960	0.0381	0.0162	0.0079
801	0.3197	0.2016	0.0382	0.0169	0.0088
802	0.3167	0.1973	0.0378	0.0158	0.0092
803	0.3156	0.1951	0.0376	0.0164	0.0095
804	0.3212	0.1934	0.0388	0.0174	0.0096
805	0.3178	0.1963	0.0391	0.0178	0.0083
806	0.3227	0.2007	0.0410	0.0177	0.0093
807	0.3197	0.1995	0.0397	0.0169	0.0089
808	0.3276	0.2025	0.0412	0.0176	0.0089
809	0.3131	0.1958	0.0383	0.0167	0.0083
810	0.3217	0.2017	0.0409	0.0175	0.0076
811	0.3127	0.1971	0.0381	0.0164	0.0067
812	0.3153	0.1971	0.0365	0.0143	0.0045
813	0.3110	0.1958	0.0341	0.0132	0.0054
814	0.3150	0.1953	0.0354	0.0141	0.0058

815	0.3128	0.1931	0.0365	0.0156	0.0072
816	0.3253	0.2013	0.0389	0.0169	0.0083
817	0.3138	0.1934	0.0349	0.0150	0.0074
818	0.3226	0.1959	0.0345	0.0162	0.0087
819	0.3183	0.1886	0.0357	0.0171	0.0102
820	0.3127	0.1881	0.0369	0.0171	0.0094
821	0.3188	0.1924	0.0399	0.0152	0.0067
822	0.3193	0.1960	0.0390	0.0146	0.0048
823	0.3098	0.1898	0.0370	0.0130	0.0047
824	0.3064	0.1895	0.0345	0.0141	0.0074
825	0.3021	0.1858	0.0319	0.0123	0.0068
826	0.3032	0.1819	0.0326	0.0129	0.0086
827	0.3077	0.1842	0.0335	0.0128	0.0086
828	0.2994	0.1779	0.0303	0.0119	0.0081
829	0.3010	0.1785	0.0318	0.0122	0.0074
830	0.2974	0.1713	0.0333	0.0133	0.0067
831	0.3007	0.1721	0.0354	0.0157	0.0079
832	0.2921	0.1653	0.0335	0.0163	0.0071
833	0.2926	0.1679	0.0299	0.0151	0.0059
834	0.2914	0.1667	0.0313	0.0145	0.0072
835	0.2905	0.1647	0.0299	0.0133	0.0078
836	0.2939	0.1655	0.0302	0.0137	0.0089
837	0.2879	0.1622	0.0277	0.0126	0.0060
838	0.2886	0.1639	0.0299	0.0137	0.0061
839	0.2876	0.1648	0.0324	0.0135	0.0066
840	0.2884	0.1651	0.0357	0.0149	0.0083
841	0.2902	0.1687	0.0339	0.0151	0.0073
842	0.2918	0.1676	0.0326	0.0150	0.0084
843	0.2835	0.1629	0.0307	0.0134	0.0049
844	0.2900	0.1639	0.0326	0.0127	0.0062

845	0.2906	0.1638	0.0338	0.0130	0.0043
846	0.2884	0.1629	0.0316	0.0132	0.0070
847	0.2891	0.1629	0.0332	0.0151	0.0060
848	0.2830	0.1630	0.0323	0.0135	0.0073
849	0.2861	0.1624	0.0311	0.0127	0.0048
850	0.2852	0.1599	0.0280	0.0110	0.0046
851	0.2925	0.1593	0.0265	0.0131	0.0037
852	0.2876	0.1548	0.0269	0.0126	0.0030
853	0.2825	0.1541	0.0273	0.0114	0.0038
854	0.2812	0.1537	0.0286	0.0105	0.0024
855	0.2802	0.1557	0.0306	0.0135	0.0065
856	0.2903	0.1579	0.0320	0.0167	0.0078
857	0.2862	0.1511	0.0318	0.0143	0.0094
858	0.2867	0.1476	0.0330	0.0118	0.0056
859	0.2752	0.1443	0.0313	0.0097	0.0049
860	0.2822	0.1508	0.0315	0.0123	0.0063
861	0.2869	0.1531	0.0289	0.0105	0.0053
862	0.2893	0.1556	0.0307	0.0121	0.0064
863	0.2845	0.1527	0.0279	0.0082	0.0012
864	0.2807	0.1472	0.0273	0.0104	0.0030
865	0.2798	0.1430	0.0250	0.0077	-0.0003
866	0.2700	0.1383	0.0253	0.0088	0.0011
867	0.2736	0.1424	0.0265	0.0071	0.0023
868	0.2748	0.1437	0.0273	0.0092	0.0062
869	0.2761	0.1421	0.0281	0.0097	0.0088
870	0.2713	0.1406	0.0267	0.0112	0.0067
871	0.2677	0.1396	0.0250	0.0096	0.0061
872	0.2776	0.1446	0.0275	0.0113	0.0051
873	0.2652	0.1401	0.0292	0.0088	0.0064
874	0.2744	0.1424	0.0303	0.0101	0.0051

875	0.2694	0.1429	0.0285	0.0129	0.0083
876	0.2693	0.1476	0.0287	0.0147	0.0081
877	0.2585	0.1395	0.0293	0.0137	0.0066
878	0.2647	0.1435	0.0357	0.0137	0.0059
879	0.2717	0.1368	0.0339	0.0138	0.0096
880	0.2785	0.1434	0.0356	0.0147	0.0115
881	0.2839	0.1419	0.0303	0.0140	0.0094
882	0.2795	0.1432	0.0300	0.0147	0.0031
883	0.2666	0.1334	0.0228	0.0104	0.0012
884	0.2599	0.1284	0.0176	0.0059	-0.0031
885	0.2524	0.1269	0.0188	0.0039	-0.0012
886	0.2640	0.1414	0.0212	0.0050	0.0005
887	0.2655	0.1415	0.0255	0.0063	0.0022
888	0.2618	0.1363	0.0236	0.0080	0.0044
889	0.2683	0.1300	0.0244	0.0063	0.0031
890	0.2667	0.1318	0.0245	0.0084	0.0075
891	0.2683	0.1288	0.0232	0.0036	0.0027
892	0.2561	0.1253	0.0229	0.0068	0.0000
893	0.2609	0.1262	0.0214	0.0080	0.0012
894	0.2508	0.1270	0.0188	0.0116	0.0040
895	0.2521	0.1251	0.0186	0.0125	0.0084
896	0.2505	0.1222	0.0234	0.0092	0.0033
897	0.2625	0.1276	0.0292	0.0103	0.0060
898	0.2517	0.1233	0.0284	0.0108	0.0038
899	0.2455	0.1258	0.0208	0.0062	-0.0002
900	0.2435	0.1206	0.0194	0.0056	-0.0017
901	0.2388	0.1176	0.0169	0.0013	-0.0044
902	0.2433	0.1167	0.0216	0.0070	-0.0010
903	0.2466	0.1203	0.0196	0.0075	-0.0017
904	0.2423	0.1242	0.0261	0.0141	0.0050

905	0.2415	0.1223	0.0235	0.0125	0.0056
906	0.2533	0.1243	0.0278	0.0120	0.0043
907	0.2451	0.1118	0.0211	0.0068	-0.0030
908	0.2415	0.1114	0.0198	0.0076	-0.0036
909	0.2494	0.1152	0.0204	0.0074	-0.0035
910	0.2435	0.1205	0.0205	0.0085	0.0029
911	0.2462	0.1224	0.0257	0.0099	0.0030
912	0.2497	0.1278	0.0238	0.0112	0.0097
913	0.2349	0.1155	0.0249	0.0094	0.0048
914	0.2348	0.1114	0.0230	0.0071	0.0036
915	0.2397	0.1143	0.0279	0.0097	-0.0004
916	0.2349	0.1090	0.0302	0.0092	0.0028
917	0.2360	0.1107	0.0365	0.0144	0.0103
918	0.2426	0.1064	0.0345	0.0117	0.0089
919	0.2443	0.1121	0.0317	0.0097	0.0064
920	0.2299	0.1089	0.0220	0.0054	0.0026
921	0.2133	0.1131	0.0195	0.0049	0.0021
922	0.2172	0.1108	0.0151	0.0040	0.0014
923	0.2069	0.1015	0.0096	-0.0025	-0.0075
924	0.2073	0.0930	0.0122	-0.0008	-0.0072
925	0.2041	0.0911	0.0105	-0.0010	-0.0079
926	0.2208	0.0943	0.0166	0.0033	-0.0008
927	0.2041	0.0839	0.0041	-0.0022	-0.0024
928	0.2103	0.0945	0.0076	-0.0021	0.0054
929	0.1973	0.0943	0.0131	0.0055	0.0136
930	0.2005	0.0964	0.0193	0.0032	0.0131
931	0.1984	0.0874	0.0056	-0.0043	0.0017
932	0.1795	0.0806	-0.0042	-0.0045	0.0005
933	0.1723	0.0756	-0.0061	0.0003	0.0048
934	0.1721	0.0686	0.0010	0.0106	0.0111

935	0.1647	0.0597	-0.0029	-0.0022	-0.0028
936	0.1753	0.0565	-0.0079	-0.0012	-0.0073
937	0.1555	0.0529	-0.0041	-0.0086	-0.0123
938	0.1745	0.0565	-0.0035	0.0042	-0.0039
939	0.1562	0.0495	-0.0005	-0.0015	-0.0078
940	0.1593	0.0477	-0.0050	0.0125	-0.0075
941	0.1342	0.0327	0.0054	-0.0018	-0.0140
942	0.1400	0.0501	0.0166	0.0122	0.0001
943	0.1345	0.0396	0.0162	0.0033	-0.0060
944	0.1434	0.0593	0.0111	0.0103	0.0040
945	0.1477	0.0701	0.0022	0.0089	-0.0027
946	0.1256	0.0661	0.0015	-0.0024	-0.0087
947	0.1186	0.0502	-0.0036	-0.0044	-0.0142
948	0.1104	0.0329	-0.0082	-0.0142	-0.0093
949	0.1075	0.0387	0.0008	-0.0045	0.0010
950	0.1009	0.0491	0.0039	0.0082	0.0091
951	0.1026	0.0453	0.0095	-0.0002	-0.0027
952	0.1142	0.0369	0.0084	0.0053	0.0068
953	0.0995	0.0298	0.0023	-0.0096	0.0035
954	0.0883	0.0228	-0.0029	-0.0026	0.0036
955	0.0580	0.0090	-0.0268	-0.0193	-0.0071
956	0.0660	0.0011	-0.0235	-0.0186	-0.0109
957	0.0570	-0.0017	-0.0390	-0.0236	-0.0225
958	0.0644	0.0036	-0.0232	-0.0187	-0.0203
959	0.0513	-0.0075	-0.0296	-0.0150	-0.0278
960	0.0613	0.0043	-0.0176	-0.0026	-0.0049
961	0.0656	0.0125	-0.0087	0.0049	-0.0059
962	0.0603	0.0099	-0.0211	0.0026	0.0026
963	0.0685	0.0088	-0.0151	-0.0035	0.0055
964	0.0794	0.0222	-0.0214	0.0137	0.0156

965	0.0935	0.0528	0.0094	0.0250	0.0211
966	0.0848	0.0565	0.0127	0.0280	0.0201
967	0.0780	0.0450	0.0199	0.0097	0.0155
968	0.0585	0.0158	0.0071	-0.0003	0.0034
969	0.0639	0.0194	0.0122	0.0117	0.0054
970	0.0504	0.0142	-0.0102	0.0093	0.0028
971	0.0675	0.0218	-0.0228	0.0026	0.0068
972	0.0355	-0.0001	-0.0430	-0.0218	-0.0052
973	0.0464	0.0110	-0.0371	-0.0185	-0.0012
974	-0.043	-0.0601	-0.1129	-0.0899	-0.0798
975	-0.015	-0.0492	-0.0997	-0.0876	-0.0925
976	-0.002	-0.0474	-0.0830	-0.0846	-0.0817
977	0.0881	0.0333	0.0190	0.0044	-0.0068
978	0.0762	0.0273	0.0119	0.0137	0.0048
979	0.0851	0.0384	0.0118	0.0248	0.0012
980	0.0665	0.0041	-0.0184	-0.0126	-0.0070
981	0.0778	0.0246	-0.0190	-0.0251	-0.0084
982	0.0556	0.0106	-0.0391	-0.0405	-0.0122
983	0.0636	0.0488	0.0019	-0.0026	-0.0075
984	0.0511	0.0419	0.0136	0.0141	-0.0051
985	0.0649	0.0512	0.0268	0.0307	0.0091
986	0.0660	0.0574	0.0199	0.0252	0.0148
987	0.0419	0.0425	0.0044	0.0056	0.0071
988	0.0418	0.0281	-0.0159	-0.0004	-0.0010
989	0.0493	0.0253	-0.0315	-0.0068	0.0076
990	0.0789	0.0341	-0.0219	0.0147	0.0150
991	0.0785	0.0404	-0.0002	-0.0046	0.0026
992	0.0688	0.0146	0.0088	-0.0031	-0.0071
993	0.0572	-0.0022	0.0001	-0.0162	-0.0122
994	0.0669	-0.0301	-0.0098	-0.0101	-0.0340

995	0.0722	0.0084	-0.0066	0.0162	0.0006
996	0.0654	0.0015	-0.0234	0.0015	-0.0062
997	0.0680	0.0096	-0.0169	-0.0021	-0.0087
998	0.0458	-0.0088	-0.0131	-0.0263	-0.0339
999	0.0541	-0.0057	0.0015	-0.0394	-0.0786
1000	0.0071	-0.0114	-0.0292	-0.0937	-0.1537

Data Reflektansi Difus Phantom 2

panjang gel	Rnorm kolesterol 1				
	R1	R2	R3	R4	R5
700	0.3201	0.1029	0.0428	0.0193	0.0088
701	0.3240	0.1040	0.0425	0.0197	0.0087
702	0.3241	0.1032	0.0411	0.0189	0.0079
703	0.3200	0.1019	0.0416	0.0195	0.0084
704	0.3246	0.1030	0.0421	0.0195	0.0084
705	0.3221	0.1037	0.0431	0.0197	0.0089
706	0.3186	0.1020	0.0413	0.0186	0.0079
707	0.3203	0.1028	0.0416	0.0188	0.0079
708	0.3148	0.0999	0.0406	0.0189	0.0080
709	0.3157	0.0993	0.0401	0.0190	0.0077
710	0.3189	0.1001	0.0399	0.0194	0.0080
711	0.3176	0.0998	0.0403	0.0193	0.0074
712	0.3170	0.1015	0.0415	0.0191	0.0083
713	0.3150	0.1019	0.0419	0.0188	0.0081
714	0.3159	0.1022	0.0405	0.0186	0.0085
715	0.3108	0.0992	0.0383	0.0180	0.0078
716	0.3153	0.0991	0.0387	0.0180	0.0076
717	0.3070	0.0951	0.0377	0.0171	0.0069

718	0.3104	0.0955	0.0379	0.0175	0.0063
719	0.3059	0.0942	0.0368	0.0168	0.0060
720	0.3073	0.0957	0.0371	0.0168	0.0059
721	0.3075	0.0959	0.0374	0.0173	0.0066
722	0.3067	0.0955	0.0372	0.0171	0.0065
723	0.3059	0.0951	0.0369	0.0170	0.0064
724	0.3051	0.0947	0.0366	0.0169	0.0063
725	0.3043	0.0943	0.0364	0.0168	0.0062
726	0.3034	0.0939	0.0361	0.0166	0.0061
727	0.3026	0.0934	0.0358	0.0165	0.0060
728	0.3018	0.0930	0.0356	0.0164	0.0059
729	0.3010	0.0926	0.0353	0.0163	0.0058
730	0.3002	0.0922	0.0350	0.0161	0.0057
731	0.2994	0.0918	0.0348	0.0160	0.0056
732	0.2986	0.0914	0.0345	0.0159	0.0055
733	0.2978	0.0910	0.0342	0.0158	0.0053
734	0.2969	0.0906	0.0340	0.0156	0.0052
735	0.2961	0.0902	0.0337	0.0155	0.0051
736	0.2953	0.0898	0.0334	0.0154	0.0050
737	0.2945	0.0894	0.0332	0.0152	0.0049
738	0.2937	0.0890	0.0329	0.0151	0.0048
739	0.2929	0.0886	0.0326	0.0150	0.0047
740	0.2921	0.0882	0.0324	0.0149	0.0046
741	0.2913	0.0878	0.0321	0.0147	0.0045
742	0.2904	0.0874	0.0318	0.0146	0.0044
743	0.2896	0.0870	0.0316	0.0145	0.0043
744	0.2888	0.0866	0.0313	0.0144	0.0042
745	0.2880	0.0862	0.0310	0.0142	0.0041
746	0.2872	0.0858	0.0308	0.0141	0.0040
747	0.2864	0.0853	0.0305	0.0140	0.0039

748	0.2856	0.0849	0.0302	0.0139	0.0038
749	0.2848	0.0845	0.0300	0.0137	0.0037
750	0.2839	0.0841	0.0297	0.0136	0.0035
751	0.2831	0.0837	0.0294	0.0135	0.0034
752	0.2823	0.0833	0.0292	0.0134	0.0033
753	0.2815	0.0829	0.0289	0.0132	0.0032
754	0.2807	0.0825	0.0286	0.0131	0.0031
755	0.2799	0.0821	0.0284	0.0130	0.0030
756	0.2791	0.0817	0.0281	0.0129	0.0029
757	0.2783	0.0813	0.0278	0.0127	0.0028
758	0.2774	0.0809	0.0276	0.0126	0.0027
759	0.2766	0.0805	0.0273	0.0125	0.0026
760	0.2758	0.0801	0.0270	0.0124	0.0025
761	0.2750	0.0797	0.0268	0.0122	0.0024
762	0.2742	0.0793	0.0265	0.0121	0.0023
763	0.2734	0.0789	0.0262	0.0120	0.0022
764	0.2726	0.0785	0.0260	0.0119	0.0021
765	0.2718	0.0781	0.0257	0.0117	0.0020
766	0.2709	0.0777	0.0254	0.0116	0.0019
767	0.2701	0.0772	0.0252	0.0115	0.0018
768	0.2693	0.0768	0.0249	0.0114	0.0016
769	0.2685	0.0764	0.0246	0.0112	0.0015
770	0.2677	0.0760	0.0244	0.0111	0.0014
771	0.2669	0.0756	0.0241	0.0110	0.0013
772	0.2661	0.0752	0.0238	0.0109	0.0012
773	0.2653	0.0748	0.0236	0.0107	0.0011
774	0.2644	0.0744	0.0233	0.0106	0.0010
775	0.2636	0.0740	0.0230	0.0105	0.0009
776	0.2628	0.0736	0.0228	0.0104	0.0008
777	0.2620	0.0732	0.0225	0.0102	0.0007

778	0.2612	0.0728	0.0222	0.0101	0.0006
779	0.2604	0.0724	0.0220	0.0100	0.0005
780	0.2596	0.0720	0.0217	0.0098	0.0004
781	0.2588	0.0716	0.0214	0.0097	0.0003
782	0.2579	0.0712	0.0212	0.0096	0.0002
783	0.2571	0.0708	0.0209	0.0095	0.0001
784	0.2563	0.0704	0.0206	0.0093	0.0000
785	0.2555	0.0700	0.0204	0.0092	-0.0002
786	0.2547	0.0696	0.0201	0.0091	-0.0003
787	0.2539	0.0691	0.0198	0.0090	-0.0004
788	0.2531	0.0687	0.0196	0.0088	-0.0005
789	0.2523	0.0683	0.0193	0.0087	-0.0006
790	0.2514	0.0679	0.0190	0.0086	-0.0007
791	0.2506	0.0675	0.0188	0.0085	-0.0008
792	0.2498	0.0671	0.0185	0.0083	-0.0009
793	0.2490	0.0667	0.0182	0.0082	-0.0010
794	0.2482	0.0663	0.0180	0.0081	-0.0011
795	0.2474	0.0659	0.0177	0.0080	-0.0012
796	0.2466	0.0655	0.0174	0.0078	-0.0013
797	0.2458	0.0651	0.0172	0.0077	-0.0014
798	0.2449	0.0647	0.0169	0.0076	-0.0015
799	0.2441	0.0643	0.0166	0.0075	-0.0016
800	0.2433	0.0639	0.0164	0.0073	-0.0017
801	0.2425	0.0635	0.0161	0.0072	-0.0018
802	0.2417	0.0631	0.0158	0.0071	-0.0019
803	0.2409	0.0627	0.0156	0.0070	-0.0021
804	0.2401	0.0623	0.0153	0.0068	-0.0022
805	0.2393	0.0619	0.0150	0.0067	-0.0023
806	0.2384	0.0615	0.0148	0.0066	-0.0024
807	0.2376	0.0610	0.0145	0.0065	-0.0025

808	0.2368	0.0606	0.0142	0.0063	-0.0026
809	0.2360	0.0602	0.0140	0.0062	-0.0027
810	0.2352	0.0598	0.0137	0.0061	-0.0028
811	0.2344	0.0594	0.0134	0.0060	-0.0029
812	0.2336	0.0590	0.0132	0.0058	-0.0030
813	0.2328	0.0586	0.0129	0.0057	-0.0031
814	0.2319	0.0582	0.0126	0.0056	-0.0032
815	0.2311	0.0578	0.0124	0.0055	-0.0033
816	0.2303	0.0574	0.0121	0.0053	-0.0034
817	0.2295	0.0570	0.0119	0.0052	-0.0035
818	0.2287	0.0566	0.0116	0.0051	-0.0036
819	0.2279	0.0562	0.0113	0.0050	-0.0037
820	0.2271	0.0558	0.0111	0.0048	-0.0039
821	0.2263	0.0554	0.0108	0.0047	-0.0040
822	0.2254	0.0550	0.0105	0.0046	-0.0041
823	0.2246	0.0546	0.0103	0.0044	-0.0042
824	0.2238	0.0542	0.0100	0.0043	-0.0043
825	0.2230	0.0538	0.0097	0.0042	-0.0044
826	0.2222	0.0534	0.0095	0.0041	-0.0045
827	0.2214	0.0529	0.0092	0.0039	-0.0046
828	0.2206	0.0525	0.0089	0.0038	-0.0047
829	0.2198	0.0521	0.0087	0.0037	-0.0048
830	0.2189	0.0517	0.0084	0.0036	-0.0049
831	0.2181	0.0513	0.0081	0.0034	-0.0050
832	0.2173	0.0509	0.0079	0.0033	-0.0051
833	0.2165	0.0505	0.0076	0.0032	-0.0052
834	0.2157	0.0501	0.0073	0.0031	-0.0053
835	0.2149	0.0497	0.0071	0.0029	-0.0054
836	0.2141	0.0493	0.0068	0.0028	-0.0055
837	0.2133	0.0489	0.0065	0.0027	-0.0056

838	0.2125	0.0485	0.0063	0.0026	-0.0058
839	0.2116	0.0481	0.0060	0.0024	-0.0059
840	0.2108	0.0477	0.0057	0.0023	-0.0060
841	0.2100	0.0473	0.0055	0.0022	-0.0061
842	0.2092	0.0469	0.0052	0.0021	-0.0062
843	0.2084	0.0465	0.0049	0.0019	-0.0063
844	0.2076	0.0461	0.0047	0.0018	-0.0064
845	0.2068	0.0457	0.0044	0.0017	-0.0065
846	0.2060	0.0452	0.0041	0.0016	-0.0066
847	0.2051	0.0448	0.0039	0.0014	-0.0067
848	0.2043	0.0444	0.0036	0.0013	-0.0068
849	0.2035	0.0440	0.0033	0.0012	-0.0069
850	0.2027	0.0436	0.0031	0.0011	-0.0070
851	0.2019	0.0432	0.0028	0.0009	-0.0071
852	0.2011	0.0428	0.0025	0.0008	-0.0072
853	0.2003	0.0424	0.0023	0.0007	-0.0073
854	0.1995	0.0420	0.0020	0.0006	-0.0074
855	0.1986	0.0416	0.0017	0.0004	-0.0076
856	0.1978	0.0412	0.0015	0.0003	-0.0077
857	0.1970	0.0408	0.0012	0.0002	-0.0078
858	0.1962	0.0404	0.0009	0.0001	-0.0079
859	0.1954	0.0400	0.0007	-0.0001	-0.0080
860	0.1946	0.0396	0.0004	-0.0002	-0.0081
861	0.1938	0.0392	0.0001	-0.0003	-0.0082
862	0.1930	0.0388	-0.0001	-0.0004	-0.0083
863	0.1921	0.0384	-0.0004	-0.0006	-0.0084
864	0.1913	0.0380	-0.0007	-0.0007	-0.0085
865	0.1905	0.0376	-0.0009	-0.0008	-0.0086
866	0.1897	0.0371	-0.0012	-0.0010	-0.0087
867	0.1889	0.0367	-0.0015	-0.0011	-0.0088

868	0.1881	0.0363	-0.0017	-0.0012	-0.0089
869	0.1873	0.0359	-0.0020	-0.0013	-0.0090
870	0.1865	0.0355	-0.0023	-0.0015	-0.0091
871	0.1856	0.0351	-0.0025	-0.0016	-0.0092
872	0.1848	0.0347	-0.0028	-0.0017	-0.0093
873	0.1840	0.0343	-0.0031	-0.0018	-0.0095
874	0.1832	0.0339	-0.0033	-0.0020	-0.0096
875	0.1824	0.0335	-0.0036	-0.0021	-0.0097
876	0.1816	0.0331	-0.0039	-0.0022	-0.0098
877	0.1808	0.0327	-0.0041	-0.0023	-0.0099
878	0.1800	0.0323	-0.0044	-0.0025	-0.0100
879	0.1791	0.0319	-0.0047	-0.0026	-0.0101
880	0.1783	0.0315	-0.0049	-0.0027	-0.0102
881	0.1775	0.0311	-0.0052	-0.0028	-0.0103
882	0.1767	0.0307	-0.0055	-0.0030	-0.0104
883	0.1759	0.0303	-0.0057	-0.0031	-0.0105
884	0.1751	0.0299	-0.0060	-0.0032	-0.0106
885	0.1743	0.0295	-0.0063	-0.0033	-0.0107
886	0.1735	0.0290	-0.0065	-0.0035	-0.0108
887	0.1726	0.0286	-0.0068	-0.0036	-0.0109
888	0.1718	0.0282	-0.0071	-0.0037	-0.0110
889	0.1710	0.0278	-0.0073	-0.0038	-0.0111
890	0.1702	0.0274	-0.0076	-0.0040	-0.0113
891	0.1694	0.0270	-0.0079	-0.0041	-0.0114
892	0.1686	0.0266	-0.0081	-0.0042	-0.0115
893	0.1678	0.0262	-0.0084	-0.0043	-0.0116
894	0.1670	0.0258	-0.0087	-0.0045	-0.0117
895	0.1661	0.0254	-0.0089	-0.0046	-0.0118
896	0.1653	0.0250	-0.0092	-0.0047	-0.0119
897	0.1645	0.0246	-0.0095	-0.0048	-0.0120

898	0.1637	0.0242	-0.0097	-0.0050	-0.0121
899	0.1629	0.0238	-0.0100	-0.0051	-0.0122
900	0.1621	0.0234	-0.0103	-0.0052	-0.0123
901	0.1613	0.0230	-0.0105	-0.0053	-0.0124
902	0.1605	0.0226	-0.0108	-0.0055	-0.0125
903	0.1596	0.0222	-0.0111	-0.0056	-0.0126
904	0.1588	0.0218	-0.0113	-0.0057	-0.0127
905	0.1580	0.0214	-0.0116	-0.0058	-0.0128
906	0.1572	0.0209	-0.0119	-0.0060	-0.0129
907	0.1564	0.0205	-0.0121	-0.0061	-0.0130
908	0.1556	0.0201	-0.0124	-0.0062	-0.0132
909	0.1548	0.0197	-0.0127	-0.0064	-0.0133
910	0.1540	0.0193	-0.0129	-0.0065	-0.0134
911	0.1531	0.0189	-0.0132	-0.0066	-0.0135
912	0.1523	0.0185	-0.0134	-0.0067	-0.0136
913	0.1515	0.0181	-0.0137	-0.0069	-0.0137
914	0.1507	0.0177	-0.0140	-0.0070	-0.0138
915	0.1499	0.0173	-0.0142	-0.0071	-0.0139
916	0.1491	0.0169	-0.0145	-0.0072	-0.0140
917	0.1483	0.0165	-0.0148	-0.0074	-0.0141
918	0.1475	0.0161	-0.0150	-0.0075	-0.0142
919	0.1466	0.0157	-0.0153	-0.0076	-0.0143
920	0.1458	0.0153	-0.0156	-0.0077	-0.0144
921	0.1450	0.0149	-0.0158	-0.0079	-0.0145
922	0.1442	0.0145	-0.0161	-0.0080	-0.0146
923	0.1434	0.0141	-0.0164	-0.0081	-0.0147
924	0.1426	0.0137	-0.0166	-0.0082	-0.0148
925	0.1418	0.0133	-0.0169	-0.0084	-0.0150
926	0.1410	0.0128	-0.0172	-0.0085	-0.0151
927	0.1401	0.0124	-0.0174	-0.0086	-0.0152

928	0.1393	0.0120	-0.0177	-0.0087	-0.0153
929	0.1385	0.0116	-0.0180	-0.0089	-0.0154
930	0.1377	0.0112	-0.0182	-0.0090	-0.0155
931	0.1369	0.0108	-0.0185	-0.0091	-0.0156
932	0.1361	0.0104	-0.0188	-0.0092	-0.0157
933	0.1353	0.0100	-0.0190	-0.0094	-0.0158
934	0.1345	0.0096	-0.0193	-0.0095	-0.0159
935	0.1336	0.0092	-0.0196	-0.0096	-0.0160
936	0.1328	0.0088	-0.0198	-0.0097	-0.0161
937	0.1320	0.0084	-0.0201	-0.0099	-0.0162
938	0.1312	0.0080	-0.0204	-0.0100	-0.0163
939	0.1304	0.0076	-0.0206	-0.0101	-0.0164
940	0.1296	0.0072	-0.0209	-0.0102	-0.0165
941	0.1288	0.0068	-0.0212	-0.0104	-0.0166
942	0.1280	0.0064	-0.0214	-0.0105	-0.0167
943	0.1271	0.0060	-0.0217	-0.0106	-0.0169
944	0.1263	0.0056	-0.0220	-0.0107	-0.0170
945	0.1255	0.0052	-0.0222	-0.0109	-0.0171
946	0.1247	0.0047	-0.0225	-0.0110	-0.0172
947	0.1239	0.0043	-0.0228	-0.0111	-0.0173
948	0.1231	0.0039	-0.0230	-0.0112	-0.0174
949	0.1223	0.0035	-0.0233	-0.0114	-0.0175
950	0.1215	0.0031	-0.0236	-0.0115	-0.0176
951	0.1206	0.0027	-0.0238	-0.0116	-0.0177
952	0.1198	0.0023	-0.0241	-0.0118	-0.0178
953	0.1190	0.0019	-0.0244	-0.0119	-0.0179
954	0.1182	0.0015	-0.0246	-0.0120	-0.0180
955	0.1174	0.0011	-0.0249	-0.0121	-0.0181
956	0.1166	0.0007	-0.0252	-0.0123	-0.0182
957	0.1158	0.0003	-0.0254	-0.0124	-0.0183

958	0.1150	-0.0001	-0.0257	-0.0125	-0.0184
959	0.1141	-0.0005	-0.0260	-0.0126	-0.0185
960	0.1133	-0.0009	-0.0262	-0.0128	-0.0187
961	0.1125	-0.0013	-0.0265	-0.0129	-0.0188
962	0.1117	-0.0017	-0.0268	-0.0130	-0.0189
963	0.1109	-0.0021	-0.0270	-0.0131	-0.0190
964	0.1101	-0.0025	-0.0273	-0.0133	-0.0191
965	0.1093	-0.0029	-0.0276	-0.0134	-0.0192
966	0.1085	-0.0034	-0.0278	-0.0135	-0.0193
967	0.1076	-0.0038	-0.0281	-0.0136	-0.0194
968	0.1068	-0.0042	-0.0284	-0.0138	-0.0195
969	0.1060	-0.0046	-0.0286	-0.0139	-0.0196
970	0.1052	-0.0050	-0.0289	-0.0140	-0.0197
971	0.1044	-0.0054	-0.0292	-0.0141	-0.0198
972	0.1036	-0.0058	-0.0294	-0.0143	-0.0199
973	0.1028	-0.0062	-0.0297	-0.0144	-0.0200
974	0.1020	-0.0066	-0.0300	-0.0145	-0.0201
975	0.1011	-0.0070	-0.0302	-0.0146	-0.0202
976	0.1003	-0.0074	-0.0305	-0.0148	-0.0203
977	0.0995	-0.0078	-0.0308	-0.0149	-0.0204
978	0.0987	-0.0082	-0.0310	-0.0150	-0.0206
979	0.0979	-0.0086	-0.0313	-0.0151	-0.0207
980	0.0971	-0.0090	-0.0316	-0.0153	-0.0208
981	0.0963	-0.0094	-0.0318	-0.0154	-0.0209
982	0.0955	-0.0098	-0.0321	-0.0155	-0.0210
983	0.0946	-0.0102	-0.0324	-0.0156	-0.0211
984	0.0938	-0.0106	-0.0326	-0.0158	-0.0212
985	0.0930	-0.0110	-0.0329	-0.0159	-0.0213
986	0.0922	-0.0115	-0.0332	-0.0160	-0.0214
987	0.0914	-0.0119	-0.0334	-0.0161	-0.0215

988	0.0906	-0.0123	-0.0337	-0.0163	-0.0216
989	0.0898	-0.0127	-0.0340	-0.0164	-0.0217
990	0.0890	-0.0131	-0.0342	-0.0165	-0.0218
991	0.0881	-0.0135	-0.0345	-0.0166	-0.0219
992	0.0873	-0.0139	-0.0348	-0.0168	-0.0220
993	0.0865	-0.0143	-0.0350	-0.0169	-0.0221
994	0.0857	-0.0147	-0.0353	-0.0170	-0.0222
995	0.0849	-0.0151	-0.0356	-0.0172	-0.0224
996	0.0841	-0.0155	-0.0358	-0.0173	-0.0225
997	0.0833	-0.0159	-0.0361	-0.0174	-0.0226
998	0.0825	-0.0163	-0.0364	-0.0175	-0.0227
999	0.0816	-0.0167	-0.0366	-0.0177	-0.0228
1000	0.0808	-0.0171	-0.0369	-0.0178	-0.0229

Data Reflektansi Difus Phantom 3

panja ng gel	Rnorm kolesterol 1				
	R1	R2	R3	R4	R5
700	0.2875	0.1013	0.0365	0.0099	0.0017
701	0.2897	0.1028	0.0377	0.0102	0.0010
702	0.2879	0.1024	0.0370	0.0096	0.0006
703	0.2834	0.0997	0.0358	0.0089	0.0000
704	0.2895	0.1017	0.0372	0.0096	0.0006
705	0.2869	0.1010	0.0370	0.0098	0.0006
706	0.2828	0.0997	0.0366	0.0097	0.0005
707	0.2838	0.1009	0.0364	0.0091	0.0001
708	0.2785	0.0987	0.0352	0.0091	0.0004
709	0.2786	0.0991	0.0346	0.0090	0.0006
710	0.2783	0.0982	0.0347	0.0100	0.0015

711	0.2784	0.0984	0.0344	0.0092	0.0016
712	0.2782	0.0977	0.0350	0.0095	0.0016
713	0.2778	0.0981	0.0345	0.0086	0.0009
714	0.2768	0.0967	0.0349	0.0096	0.0010
715	0.2737	0.0954	0.0332	0.0081	0.0001
716	0.2739	0.0945	0.0330	0.0079	0.0005
717	0.2662	0.0916	0.0321	0.0074	0.0000
718	0.2696	0.0939	0.0336	0.0088	0.0013
719	0.2702	0.0929	0.0341	0.0089	0.0008
720	0.2742	0.0934	0.0339	0.0086	0.0013
721	0.2780	0.0935	0.0344	0.0073	0.0001
722	0.2741	0.0917	0.0318	0.0063	-0.0010
723	0.2735	0.0933	0.0306	0.0063	-0.0009
724	0.2663	0.0918	0.0308	0.0070	-0.0002
725	0.2622	0.0906	0.0308	0.0070	0.0011
726	0.2581	0.0881	0.0316	0.0072	0.0002
727	0.2654	0.0888	0.0308	0.0070	0.0004
728	0.2599	0.0873	0.0299	0.0074	0.0004
729	0.2605	0.0872	0.0297	0.0064	0.0010
730	0.2622	0.0860	0.0280	0.0066	0.0004
731	0.2582	0.0839	0.0267	0.0062	0.0000
732	0.2564	0.0832	0.0262	0.0071	-0.0002
733	0.2477	0.0830	0.0267	0.0066	0.0005
734	0.2485	0.0831	0.0278	0.0061	0.0008
735	0.2482	0.0822	0.0270	0.0057	0.0012
736	0.2433	0.0790	0.0260	0.0060	0.0001
737	0.2456	0.0791	0.0249	0.0064	-0.0001
738	0.2502	0.0814	0.0253	0.0067	-0.0010
739	0.2474	0.0812	0.0266	0.0072	0.0009
740	0.2491	0.0828	0.0266	0.0074	0.0013

741	0.2460	0.0823	0.0262	0.0068	0.0021
742	0.2412	0.0801	0.0230	0.0064	0.0003
743	0.2446	0.0797	0.0237	0.0063	0.0000
744	0.2472	0.0793	0.0251	0.0064	-0.0001
745	0.2530	0.0817	0.0270	0.0065	0.0005
746	0.2444	0.0805	0.0273	0.0067	0.0003
747	0.2451	0.0805	0.0266	0.0068	0.0001
748	0.2439	0.0797	0.0265	0.0067	0.0003
749	0.2455	0.0809	0.0270	0.0063	0.0011
750	0.2463	0.0812	0.0271	0.0058	0.0008
751	0.2483	0.0815	0.0261	0.0045	-0.0003
752	0.2491	0.0805	0.0255	0.0055	-0.0007
753	0.2467	0.0806	0.0245	0.0068	-0.0009
754	0.2500	0.0825	0.0260	0.0082	-0.0002
755	0.2443	0.0809	0.0250	0.0076	0.0000
756	0.2507	0.0818	0.0261	0.0068	0.0006
757	0.2512	0.0812	0.0256	0.0076	0.0004
758	0.2516	0.0813	0.0254	0.0075	0.0002
759	0.2524	0.0815	0.0253	0.0072	0.0000
760	0.2520	0.0823	0.0257	0.0062	-0.0005
761	0.2522	0.0838	0.0273	0.0067	0.0005
762	0.2495	0.0839	0.0279	0.0069	0.0009
763	0.2483	0.0823	0.0276	0.0059	0.0007
764	0.2511	0.0816	0.0282	0.0044	-0.0002
765	0.2575	0.0836	0.0290	0.0058	-0.0010
766	0.2548	0.0832	0.0275	0.0068	0.0004
767	0.2544	0.0825	0.0267	0.0077	0.0006
768	0.2579	0.0824	0.0268	0.0056	0.0010
769	0.2565	0.0841	0.0304	0.0070	0.0020
770	0.2559	0.0836	0.0284	0.0063	0.0011

771	0.2603	0.0874	0.0309	0.0088	0.0015
772	0.2613	0.0854	0.0267	0.0059	-0.0001
773	0.2575	0.0842	0.0282	0.0059	0.0006
774	0.2527	0.0817	0.0250	0.0037	0.0003
775	0.2619	0.0850	0.0288	0.0064	0.0019
776	0.2514	0.0830	0.0271	0.0065	0.0014
777	0.2570	0.0849	0.0279	0.0078	0.0013
778	0.2503	0.0831	0.0282	0.0075	0.0003
779	0.2531	0.0839	0.0270	0.0065	0.0002
780	0.2590	0.0840	0.0270	0.0048	-0.0004
781	0.2636	0.0862	0.0266	0.0049	-0.0004
782	0.2609	0.0860	0.0284	0.0065	-0.0002
783	0.2629	0.0875	0.0301	0.0076	0.0010
784	0.2590	0.0878	0.0290	0.0090	0.0027
785	0.2597	0.0864	0.0270	0.0074	0.0019
786	0.2626	0.0866	0.0265	0.0077	0.0015
787	0.2634	0.0850	0.0279	0.0062	-0.0002
788	0.2687	0.0884	0.0302	0.0073	0.0014
789	0.2650	0.0886	0.0297	0.0065	0.0002
790	0.2735	0.0917	0.0305	0.0058	-0.0003
791	0.2714	0.0926	0.0314	0.0058	-0.0009
792	0.2704	0.0922	0.0315	0.0071	0.0003
793	0.2682	0.0924	0.0320	0.0087	0.0021
794	0.2692	0.0909	0.0303	0.0092	0.0015
795	0.2643	0.0920	0.0322	0.0100	0.0022
796	0.2636	0.0903	0.0292	0.0086	-0.0001
797	0.2600	0.0894	0.0301	0.0083	-0.0002
798	0.2659	0.0915	0.0302	0.0087	0.0009
799	0.2702	0.0943	0.0319	0.0091	0.0027
800	0.2710	0.0950	0.0342	0.0102	0.0035

801	0.2761	0.0969	0.0364	0.0072	0.0024
802	0.2724	0.0958	0.0353	0.0061	0.0009
803	0.2673	0.0960	0.0346	0.0055	0.0015
804	0.2702	0.0969	0.0339	0.0076	0.0012
805	0.2681	0.0982	0.0364	0.0096	0.0018
806	0.2742	0.0996	0.0354	0.0100	0.0015
807	0.2736	0.0977	0.0341	0.0097	0.0021
808	0.2816	0.0996	0.0344	0.0106	0.0024
809	0.2700	0.0952	0.0340	0.0094	0.0027
810	0.2764	0.0970	0.0333	0.0088	0.0011
811	0.2682	0.0919	0.0304	0.0063	0.0001
812	0.2726	0.0882	0.0284	0.0051	-0.0011
813	0.2688	0.0871	0.0284	0.0052	-0.0013
814	0.2705	0.0896	0.0315	0.0065	-0.0007
815	0.2672	0.0925	0.0321	0.0069	0.0001
816	0.2776	0.0957	0.0375	0.0100	0.0030
817	0.2717	0.0925	0.0349	0.0089	0.0036
818	0.2786	0.0925	0.0360	0.0097	0.0029
819	0.2740	0.0924	0.0324	0.0084	0.0025
820	0.2654	0.0898	0.0312	0.0080	0.0013
821	0.2695	0.0954	0.0331	0.0070	0.0021
822	0.2674	0.0949	0.0340	0.0065	0.0027
823	0.2601	0.0894	0.0309	0.0052	0.0021
824	0.2627	0.0858	0.0296	0.0072	0.0012
825	0.2644	0.0829	0.0279	0.0060	-0.0010
826	0.2652	0.0835	0.0286	0.0072	-0.0008
827	0.2661	0.0860	0.0311	0.0077	-0.0011
828	0.2610	0.0873	0.0319	0.0096	0.0004
829	0.2625	0.0889	0.0320	0.0098	0.0009
830	0.2606	0.0874	0.0315	0.0087	0.0028

831	0.2633	0.0842	0.0278	0.0071	0.0001
832	0.2589	0.0805	0.0260	0.0068	-0.0013
833	0.2619	0.0786	0.0225	0.0064	-0.0050
834	0.2556	0.0789	0.0243	0.0062	-0.0034
835	0.2539	0.0782	0.0252	0.0054	-0.0010
836	0.2518	0.0793	0.0275	0.0060	0.0022
837	0.2502	0.0789	0.0291	0.0061	0.0030
838	0.2434	0.0806	0.0294	0.0066	0.0029
839	0.2450	0.0826	0.0296	0.0058	0.0019
840	0.2452	0.0825	0.0280	0.0037	0.0014
841	0.2545	0.0848	0.0308	0.0052	0.0018
842	0.2573	0.0854	0.0279	0.0057	0.0020
843	0.2508	0.0828	0.0261	0.0065	0.0009
844	0.2550	0.0830	0.0249	0.0061	0.0001
845	0.2492	0.0809	0.0256	0.0059	-0.0024
846	0.2469	0.0775	0.0253	0.0069	-0.0003
847	0.2486	0.0794	0.0279	0.0069	0.0008
848	0.2467	0.0801	0.0293	0.0050	0.0052
849	0.2465	0.0825	0.0316	0.0060	0.0040
850	0.2396	0.0798	0.0296	0.0074	0.0018
851	0.2384	0.0767	0.0277	0.0071	-0.0002
852	0.2343	0.0742	0.0260	0.0046	-0.0008
853	0.2374	0.0726	0.0245	0.0018	-0.0016
854	0.2428	0.0752	0.0268	0.0034	-0.0031
855	0.2419	0.0742	0.0249	0.0013	-0.0051
856	0.2420	0.0759	0.0243	0.0024	-0.0035
857	0.2382	0.0760	0.0243	0.0019	-0.0017
858	0.2422	0.0762	0.0239	0.0045	-0.0011
859	0.2397	0.0744	0.0247	0.0042	-0.0017
860	0.2427	0.0745	0.0262	0.0068	0.0011

861	0.2437	0.0793	0.0282	0.0075	0.0042
862	0.2399	0.0773	0.0272	0.0049	0.0040
863	0.2407	0.0800	0.0300	0.0071	0.0047
864	0.2427	0.0775	0.0360	0.0102	0.0065
865	0.2473	0.0808	0.0393	0.0142	0.0081
866	0.2401	0.0761	0.0335	0.0108	0.0040
867	0.2393	0.0773	0.0290	0.0077	0.0014
868	0.2459	0.0749	0.0301	0.0059	0.0002
869	0.2465	0.0735	0.0298	0.0060	0.0026
870	0.2377	0.0748	0.0293	0.0073	0.0022
871	0.2333	0.0782	0.0283	0.0102	0.0064
872	0.2402	0.0775	0.0280	0.0091	0.0026
873	0.2348	0.0740	0.0278	0.0094	0.0039
874	0.2361	0.0737	0.0237	0.0081	-0.0008
875	0.2290	0.0774	0.0246	0.0121	0.0038
876	0.2303	0.0758	0.0237	0.0069	0.0038
877	0.2218	0.0775	0.0267	0.0096	0.0077
878	0.2299	0.0732	0.0229	0.0016	0.0052
879	0.2306	0.0759	0.0229	0.0087	0.0059
880	0.2367	0.0710	0.0195	0.0048	0.0010
881	0.2436	0.0768	0.0224	0.0096	0.0014
882	0.2436	0.0784	0.0242	0.0084	0.0014
883	0.2367	0.0760	0.0253	0.0077	0.0040
884	0.2339	0.0743	0.0267	0.0091	0.0051
885	0.2289	0.0677	0.0212	0.0051	0.0009
886	0.2380	0.0744	0.0250	0.0079	0.0014
887	0.2389	0.0771	0.0251	0.0058	0.0014
888	0.2310	0.0721	0.0261	0.0058	0.0005
889	0.2363	0.0711	0.0224	0.0014	-0.0015
890	0.2231	0.0649	0.0221	-0.0013	-0.0047

891	0.2279	0.0722	0.0279	0.0021	0.0045
892	0.2181	0.0683	0.0305	0.0046	0.0056
893	0.2192	0.0727	0.0273	0.0071	0.0074
894	0.2169	0.0626	0.0201	0.0040	-0.0001
895	0.2183	0.0610	0.0167	0.0036	-0.0020
896	0.2222	0.0591	0.0179	0.0041	-0.0007
897	0.2290	0.0674	0.0204	0.0061	0.0009
898	0.2150	0.0673	0.0199	0.0035	0.0025
899	0.2217	0.0669	0.0179	-0.0027	-0.0017
900	0.2132	0.0628	0.0189	-0.0056	-0.0035
901	0.2132	0.0609	0.0205	-0.0023	-0.0025
902	0.2130	0.0650	0.0263	0.0067	0.0035
903	0.2103	0.0626	0.0224	0.0065	0.0015
904	0.2052	0.0586	0.0218	0.0019	-0.0006
905	0.2017	0.0570	0.0208	0.0001	-0.0020
906	0.2185	0.0627	0.0188	0.0030	0.0011
907	0.2058	0.0702	0.0220	0.0091	0.0053
908	0.2065	0.0640	0.0170	0.0035	0.0009
909	0.2102	0.0670	0.0219	-0.0023	-0.0017
910	0.2141	0.0589	0.0112	-0.0073	-0.0066
911	0.2115	0.0666	0.0165	-0.0014	-0.0016
912	0.2149	0.0698	0.0179	0.0055	0.0053
913	0.1993	0.0656	0.0241	0.0054	0.0046
914	0.1965	0.0613	0.0205	0.0023	0.0007
915	0.2063	0.0574	0.0191	-0.0032	-0.0068
916	0.2086	0.0564	0.0161	-0.0032	-0.0038
917	0.2101	0.0613	0.0171	0.0008	0.0024
918	0.2183	0.0651	0.0185	0.0065	0.0062
919	0.2171	0.0614	0.0168	0.0056	-0.0006
920	0.2107	0.0569	0.0242	0.0084	-0.0005

921	0.2010	0.0572	0.0241	0.0095	0.0033
922	0.2033	0.0625	0.0242	0.0116	0.0065
923	0.1981	0.0562	0.0185	0.0078	0.0044
924	0.1891	0.0609	0.0223	0.0092	0.0067
925	0.1865	0.0585	0.0213	0.0118	0.0086
926	0.1993	0.0649	0.0247	0.0116	0.0066
927	0.1875	0.0535	0.0206	0.0029	0.0016
928	0.1944	0.0595	0.0341	0.0062	0.0093
929	0.1778	0.0536	0.0260	-0.0007	0.0099
930	0.1726	0.0546	0.0245	0.0055	0.0101
931	0.1657	0.0510	0.0078	0.0037	0.0011
932	0.1461	0.0463	0.0057	0.0075	-0.0024
933	0.1487	0.0446	0.0102	0.0065	-0.0020
934	0.1423	0.0444	0.0055	0.0022	-0.0026
935	0.1414	0.0475	0.0124	0.0148	0.0038
936	0.1260	0.0386	-0.0074	-0.0019	-0.0094
937	0.1252	0.0318	-0.0050	-0.0107	-0.0123
938	0.1197	0.0244	-0.0146	-0.0315	-0.0235
939	0.1394	0.0268	-0.0028	-0.0192	-0.0159
940	0.1417	0.0219	0.0032	-0.0179	-0.0117
941	0.1487	0.0199	-0.0082	-0.0256	-0.0185
942	0.1316	0.0138	-0.0144	-0.0217	-0.0131
943	0.1148	0.0159	-0.0165	-0.0080	-0.0111
944	0.1360	0.0153	-0.0254	0.0079	0.0059
945	0.1595	0.0222	-0.0211	0.0116	0.0008
946	0.1268	0.0273	-0.0062	0.0139	0.0089
947	0.1035	0.0316	0.0060	0.0142	0.0083
948	0.0966	0.0335	0.0090	0.0012	0.0087
949	0.1127	0.0311	0.0023	0.0025	-0.0025
950	0.1144	0.0175	0.0054	-0.0110	-0.0192

951	0.1328	0.0212	0.0076	-0.0071	-0.0148
952	0.1105	0.0220	-0.0009	-0.0019	0.0015
953	0.0877	0.0295	0.0049	0.0090	0.0156
954	0.0608	0.0360	0.0017	0.0141	0.0187
955	0.0718	0.0314	0.0117	0.0095	0.0088
956	0.0811	0.0303	0.0097	0.0130	0.0051
957	0.0859	0.0235	0.0127	0.0186	0.0088
958	0.0726	0.0163	0.0111	0.0084	0.0023
959	0.0597	0.0105	0.0069	0.0060	0.0053
960	0.0645	0.0030	0.0106	0.0066	-0.0003
961	0.0598	0.0083	0.0126	0.0041	-0.0022
962	0.0698	0.0070	0.0155	0.0043	-0.0198
963	0.0589	0.0118	0.0218	0.0026	-0.0160
964	0.0663	0.0079	0.0288	0.0107	-0.0120
965	0.0573	0.0036	0.0012	-0.0050	-0.0059
966	0.0488	-0.0078	-0.0112	-0.0166	-0.0174
967	0.0458	-0.0128	-0.0168	-0.0234	-0.0223
968	0.0404	0.0015	0.0049	-0.0049	-0.0094
969	0.0605	0.0071	-0.0017	-0.0007	-0.0100
970	0.0742	0.0101	-0.0117	0.0015	-0.0163
971	0.0999	0.0078	-0.0112	-0.0063	-0.0156
972	0.0615	0.0169	-0.0063	0.0164	-0.0019
973	0.0634	0.0241	0.0102	0.0342	0.0223
974	0.0456	0.0049	-0.0111	0.0228	-0.0017
975	0.0681	-0.0143	-0.0199	0.0046	-0.0188
976	0.0516	0.0034	-0.0178	0.0035	-0.0361
977	0.0562	0.0189	-0.0032	0.0111	-0.0170
978	0.0545	0.0368	0.0172	0.0209	0.0044
979	0.0742	0.0209	0.0015	0.0109	0.0120
980	0.0379	0.0011	-0.0170	0.0093	-0.0004

981	0.0366	-0.0089	-0.0317	-0.0026	-0.0234
982	0.0275	-0.0059	-0.0062	-0.0075	-0.0316
983	0.0749	0.0322	0.0392	0.0155	-0.0039
984	0.0871	0.0388	0.0348	0.0219	0.0098
985	0.0982	0.0064	0.0034	0.0106	-0.0123
986	0.0817	-0.0169	-0.0204	-0.0043	-0.0330
987	0.0454	-0.0378	-0.0182	-0.0040	-0.0265
988	0.0255	-0.0305	-0.0258	0.0192	0.0136
989	0.0209	-0.0282	-0.0103	0.0209	0.0144
990	0.0633	-0.0061	-0.0064	0.0177	0.0107
991	0.0799	0.0226	0.0361	0.0163	0.0128
992	0.0993	0.0147	0.0152	0.0086	0.0107
993	0.0688	-0.0081	0.0007	0.0027	0.0079
994	0.0711	-0.0474	-0.0334	-0.0405	-0.0287
995	0.0669	-0.0367	-0.0120	-0.0382	-0.0209
996	0.0841	-0.0096	-0.0092	-0.0234	-0.0129
997	0.0605	0.0182	-0.0268	0.0052	0.0186
998	0.0344	0.0286	-0.0316	0.0212	0.0252
999	0.0234	0.0046	-0.0424	0.0213	0.0244
1000	0.0298	-0.0286	-0.0465	0.0405	0.0041

Ata rflktansi ifus phantom 4

panja ng gel	Rnorm kolesterol 1				
	R1	R2	R3	R4	R5
700	0.2401	0.0790	0.0320	0.0066	0.0036
701	0.2410	0.0790	0.0320	0.0064	0.0036
702	0.2400	0.0789	0.0317	0.0060	0.0038
703	0.2369	0.0788	0.0321	0.0057	0.0044

704	0.2425	0.0806	0.0332	0.0056	0.0043
705	0.2403	0.0790	0.0327	0.0061	0.0038
706	0.2349	0.0771	0.0310	0.0053	0.0029
707	0.2363	0.0775	0.0311	0.0052	0.0033
708	0.2322	0.0775	0.0315	0.0050	0.0031
709	0.2337	0.0765	0.0310	0.0057	0.0033
710	0.2341	0.0761	0.0300	0.0058	0.0034
711	0.2328	0.0751	0.0296	0.0051	0.0039
712	0.2337	0.0761	0.0310	0.0058	0.0044
713	0.2334	0.0759	0.0323	0.0063	0.0048
714	0.2342	0.0753	0.0313	0.0066	0.0043
715	0.2317	0.0742	0.0303	0.0053	0.0040
716	0.2339	0.0750	0.0294	0.0043	0.0027
717	0.2266	0.0727	0.0292	0.0039	0.0023
718	0.2295	0.0739	0.0295	0.0041	0.0028
719	0.2273	0.0734	0.0287	0.0043	0.0029
720	0.2301	0.0744	0.0290	0.0045	0.0029
721	0.2299	0.0730	0.0290	0.0048	0.0023
722	0.2247	0.0702	0.0287	0.0048	0.0025
723	0.2246	0.0695	0.0280	0.0042	0.0026
724	0.2225	0.0694	0.0273	0.0044	0.0027
725	0.2232	0.0701	0.0274	0.0054	0.0028
726	0.2208	0.0710	0.0281	0.0067	0.0033
727	0.2210	0.0706	0.0276	0.0057	0.0023
728	0.2153	0.0681	0.0262	0.0039	0.0015
729	0.2136	0.0649	0.0240	0.0022	0.0003
730	0.2177	0.0662	0.0240	0.0030	0.0007
731	0.2134	0.0638	0.0228	0.0031	0.0015
732	0.2140	0.0644	0.0233	0.0044	0.0023
733	0.2084	0.0620	0.0225	0.0036	0.0017

734	0.2095	0.0625	0.0230	0.0033	0.0021
735	0.2073	0.0613	0.0225	0.0019	0.0015
736	0.2020	0.0591	0.0223	0.0020	0.0022
737	0.2013	0.0581	0.0208	0.0025	0.0012
738	0.2051	0.0598	0.0218	0.0037	0.0019
739	0.2011	0.0590	0.0216	0.0045	0.0021
740	0.2038	0.0599	0.0236	0.0045	0.0023
741	0.2025	0.0602	0.0232	0.0038	0.0022
742	0.2019	0.0605	0.0236	0.0042	0.0030
743	0.2035	0.0616	0.0233	0.0045	0.0031
744	0.2057	0.0614	0.0230	0.0050	0.0029
745	0.2088	0.0619	0.0237	0.0043	0.0022
746	0.2057	0.0604	0.0240	0.0044	0.0023
747	0.2051	0.0605	0.0241	0.0042	0.0025
748	0.2049	0.0598	0.0221	0.0035	0.0019
749	0.2051	0.0601	0.0219	0.0027	0.0014
750	0.2054	0.0595	0.0225	0.0029	0.0011
751	0.2055	0.0606	0.0236	0.0026	0.0011
752	0.2058	0.0607	0.0233	0.0027	0.0014
753	0.2049	0.0611	0.0228	0.0031	0.0017
754	0.2088	0.0620	0.0231	0.0034	0.0019
755	0.2019	0.0600	0.0221	0.0030	0.0022
756	0.2033	0.0597	0.0221	0.0021	0.0019
757	0.2030	0.0597	0.0216	0.0023	0.0019
758	0.2054	0.0613	0.0229	0.0035	0.0026
759	0.2108	0.0635	0.0233	0.0037	0.0025
760	0.2112	0.0632	0.0239	0.0041	0.0032
761	0.2096	0.0632	0.0232	0.0029	0.0028
762	0.2062	0.0621	0.0234	0.0033	0.0033
763	0.2059	0.0628	0.0240	0.0034	0.0028

764	0.2094	0.0627	0.0237	0.0036	0.0015
765	0.2135	0.0634	0.0240	0.0040	0.0015
766	0.2118	0.0615	0.0237	0.0035	0.0015
767	0.2106	0.0616	0.0256	0.0042	0.0036
768	0.2142	0.0642	0.0268	0.0038	0.0043
769	0.2114	0.0631	0.0247	0.0037	0.0039
770	0.2100	0.0618	0.0233	0.0035	0.0036
771	0.2132	0.0619	0.0230	0.0027	0.0029
772	0.2132	0.0630	0.0234	0.0021	0.0026
773	0.2122	0.0640	0.0224	0.0023	0.0025
774	0.2077	0.0617	0.0211	0.0035	0.0021
775	0.2172	0.0654	0.0237	0.0055	0.0043
776	0.2089	0.0617	0.0230	0.0045	0.0034
777	0.2183	0.0655	0.0269	0.0052	0.0053
778	0.2103	0.0641	0.0253	0.0030	0.0036
779	0.2121	0.0650	0.0254	0.0022	0.0021
780	0.2162	0.0651	0.0238	0.0007	0.0011
781	0.2213	0.0646	0.0243	0.0011	0.0005
782	0.2181	0.0664	0.0256	0.0030	0.0031
783	0.2174	0.0677	0.0258	0.0045	0.0025
784	0.2165	0.0685	0.0263	0.0053	0.0030
785	0.2181	0.0672	0.0252	0.0043	0.0014
786	0.2193	0.0675	0.0247	0.0037	0.0012
787	0.2194	0.0667	0.0251	0.0048	0.0013
788	0.2222	0.0668	0.0270	0.0054	0.0021
789	0.2197	0.0672	0.0265	0.0058	0.0028
790	0.2275	0.0695	0.0263	0.0050	0.0026
791	0.2259	0.0705	0.0270	0.0061	0.0033
792	0.2255	0.0682	0.0281	0.0041	0.0020
793	0.2229	0.0686	0.0298	0.0051	0.0036

794	0.2254	0.0692	0.0284	0.0040	0.0033
795	0.2250	0.0687	0.0283	0.0062	0.0040
796	0.2231	0.0686	0.0278	0.0065	0.0028
797	0.2207	0.0666	0.0284	0.0070	0.0031
798	0.2235	0.0691	0.0285	0.0062	0.0043
799	0.2254	0.0694	0.0280	0.0048	0.0052
800	0.2249	0.0710	0.0299	0.0044	0.0047
801	0.2274	0.0715	0.0304	0.0059	0.0036
802	0.2280	0.0703	0.0308	0.0057	0.0022
803	0.2269	0.0701	0.0293	0.0074	0.0027
804	0.2310	0.0730	0.0300	0.0062	0.0026
805	0.2288	0.0742	0.0304	0.0069	0.0041
806	0.2321	0.0759	0.0308	0.0056	0.0042
807	0.2291	0.0753	0.0312	0.0075	0.0061
808	0.2374	0.0793	0.0334	0.0078	0.0072
809	0.2263	0.0762	0.0313	0.0093	0.0082
810	0.2319	0.0750	0.0305	0.0076	0.0082
811	0.2237	0.0698	0.0269	0.0076	0.0064
812	0.2272	0.0689	0.0274	0.0066	0.0054
813	0.2270	0.0694	0.0279	0.0063	0.0035
814	0.2274	0.0691	0.0275	0.0043	0.0017
815	0.2269	0.0703	0.0269	0.0037	0.0023
816	0.2321	0.0736	0.0269	0.0039	0.0024
817	0.2244	0.0707	0.0265	0.0055	0.0048
818	0.2288	0.0707	0.0279	0.0085	0.0035
819	0.2280	0.0682	0.0270	0.0073	0.0034
820	0.2230	0.0675	0.0269	0.0070	0.0021
821	0.2253	0.0682	0.0248	0.0041	0.0014
822	0.2238	0.0683	0.0262	0.0054	0.0023
823	0.2174	0.0643	0.0247	0.0039	0.0008

824	0.2194	0.0639	0.0263	0.0047	0.0020
825	0.2183	0.0632	0.0247	0.0034	0.0009
826	0.2186	0.0647	0.0261	0.0053	0.0026
827	0.2186	0.0640	0.0255	0.0024	0.0005
828	0.2142	0.0629	0.0257	0.0042	0.0014
829	0.2160	0.0637	0.0246	0.0027	0.0018
830	0.2150	0.0625	0.0244	0.0033	0.0024
831	0.2139	0.0621	0.0247	0.0038	0.0023
832	0.2097	0.0605	0.0242	0.0044	0.0023
833	0.2123	0.0648	0.0271	0.0052	0.0041
834	0.2096	0.0630	0.0277	0.0027	0.0043
835	0.2070	0.0618	0.0270	0.0041	0.0045
836	0.2057	0.0599	0.0251	0.0036	0.0036
837	0.2046	0.0620	0.0249	0.0047	0.0035
838	0.2058	0.0637	0.0247	0.0026	0.0027
839	0.2077	0.0658	0.0254	0.0024	0.0031
840	0.2074	0.0656	0.0240	0.0025	0.0018
841	0.2117	0.0669	0.0258	0.0053	0.0029
842	0.2091	0.0629	0.0248	0.0048	0.0017
843	0.2053	0.0589	0.0238	0.0066	0.0035
844	0.2076	0.0555	0.0210	0.0055	0.0034
845	0.2049	0.0538	0.0182	0.0069	0.0019
846	0.2003	0.0536	0.0171	0.0046	0.0023
847	0.2002	0.0560	0.0190	0.0022	0.0025
848	0.1989	0.0562	0.0204	0.0007	0.0041
849	0.2027	0.0583	0.0225	0.0022	0.0039
850	0.2005	0.0547	0.0200	0.0041	0.0020
851	0.2049	0.0563	0.0216	0.0049	0.0029
852	0.1966	0.0538	0.0188	0.0021	0.0011
853	0.1973	0.0563	0.0206	-0.0001	0.0024

854	0.1975	0.0581	0.0194	0.0019	0.0027
855	0.2010	0.0581	0.0198	0.0048	0.0039
856	0.2028	0.0576	0.0212	0.0062	0.0030
857	0.2017	0.0585	0.0235	0.0056	0.0025
858	0.2059	0.0583	0.0259	0.0029	0.0025
859	0.1996	0.0541	0.0219	-0.0004	0.0005
860	0.2026	0.0531	0.0203	-0.0013	0.0001
861	0.2015	0.0551	0.0184	0.0024	0.0010
862	0.2031	0.0604	0.0217	0.0066	0.0039
863	0.2006	0.0598	0.0204	0.0037	0.0013
864	0.1972	0.0588	0.0202	-0.0003	-0.0003
865	0.1977	0.0611	0.0206	0.0005	-0.0006
866	0.1945	0.0598	0.0218	0.0028	0.0020
867	0.1983	0.0608	0.0225	0.0041	0.0035
868	0.1986	0.0572	0.0213	-0.0003	0.0019
869	0.1955	0.0530	0.0201	0.0016	0.0016
870	0.1937	0.0524	0.0190	0.0016	0.0015
871	0.1900	0.0497	0.0168	-0.0001	0.0006
872	0.1916	0.0524	0.0176	-0.0013	0.0001
873	0.1846	0.0493	0.0177	0.0004	-0.0013
874	0.1918	0.0509	0.0202	0.0037	0.0012
875	0.1964	0.0545	0.0196	0.0027	0.0015
876	0.1967	0.0542	0.0192	-0.0003	0.0020
877	0.1925	0.0555	0.0185	0.0017	0.0033
878	0.1940	0.0567	0.0172	0.0003	0.0047
879	0.1962	0.0579	0.0179	0.0050	0.0066
880	0.1923	0.0589	0.0189	0.0026	0.0041
881	0.1967	0.0554	0.0228	0.0016	0.0029
882	0.1967	0.0537	0.0250	-0.0037	0.0021
883	0.1946	0.0482	0.0222	-0.0041	0.0014

884	0.1890	0.0496	0.0207	-0.0039	0.0012
885	0.1837	0.0473	0.0202	-0.0005	-0.0009
886	0.1903	0.0541	0.0243	0.0006	0.0010
887	0.1955	0.0525	0.0242	0.0064	-0.0004
888	0.1884	0.0528	0.0180	0.0017	0.0007
889	0.1921	0.0510	0.0155	0.0009	-0.0025
890	0.1828	0.0508	0.0134	-0.0018	-0.0016
891	0.1857	0.0499	0.0176	0.0043	0.0000
892	0.1761	0.0459	0.0159	0.0044	0.0035
893	0.1817	0.0436	0.0150	0.0050	0.0044
894	0.1716	0.0392	0.0116	-0.0004	0.0009
895	0.1735	0.0411	0.0118	0.0035	0.0032
896	0.1668	0.0415	0.0107	0.0001	-0.0006
897	0.1777	0.0540	0.0161	0.0043	0.0002
898	0.1683	0.0529	0.0184	0.0018	-0.0004
899	0.1756	0.0562	0.0245	0.0051	0.0051
900	0.1725	0.0487	0.0239	0.0032	0.0067
901	0.1680	0.0467	0.0218	0.0052	0.0065
902	0.1721	0.0516	0.0235	0.0062	0.0107
903	0.1704	0.0523	0.0199	0.0071	0.0090
904	0.1701	0.0516	0.0225	0.0097	0.0094
905	0.1630	0.0445	0.0178	0.0099	0.0040
906	0.1749	0.0436	0.0228	0.0123	0.0068
907	0.1668	0.0392	0.0157	0.0062	0.0019
908	0.1631	0.0379	0.0152	0.0059	0.0013
909	0.1653	0.0437	0.0104	0.0001	-0.0029
910	0.1636	0.0462	0.0139	0.0001	-0.0010
911	0.1668	0.0489	0.0128	0.0004	-0.0020
912	0.1714	0.0451	0.0125	0.0049	0.0000
913	0.1637	0.0437	0.0163	0.0090	0.0034

914	0.1649	0.0416	0.0170	0.0085	0.0008
915	0.1672	0.0415	0.0179	0.0095	0.0022
916	0.1569	0.0356	0.0111	0.0055	-0.0012
917	0.1498	0.0316	0.0093	-0.0028	0.0003
918	0.1553	0.0364	0.0132	-0.0029	0.0019
919	0.1674	0.0459	0.0192	0.0029	0.0061
920	0.1680	0.0510	0.0230	0.0087	0.0093
921	0.1601	0.0505	0.0235	0.0092	0.0143
922	0.1643	0.0491	0.0202	0.0075	0.0149
923	0.1581	0.0468	0.0140	0.0081	0.0116
924	0.1573	0.0434	0.0098	0.0075	0.0041
925	0.1503	0.0389	0.0066	0.0013	-0.0014
926	0.1558	0.0391	0.0108	0.0031	0.0015
927	0.1491	0.0373	0.0134	-0.0004	0.0036
928	0.1571	0.0436	0.0184	0.0008	0.0043
929	0.1419	0.0397	0.0141	0.0014	0.0032
930	0.1427	0.0382	0.0182	0.0092	0.0038
931	0.1358	0.0312	0.0131	0.0097	0.0022
932	0.1378	0.0329	0.0248	0.0158	0.0049
933	0.1304	0.0318	0.0178	0.0016	-0.0003
934	0.1275	0.0338	0.0181	0.0067	0.0021
935	0.1187	0.0315	0.0086	0.0023	0.0015
936	0.1181	0.0261	-0.0005	0.0174	-0.0119
937	0.1137	0.0201	0.0027	0.0216	-0.0114
938	0.1161	0.0111	-0.0037	0.0111	-0.0198
939	0.1050	0.0144	-0.0082	-0.0032	-0.0129
940	0.1011	0.0075	-0.0224	-0.0206	-0.0161
941	0.1011	0.0224	-0.0131	-0.0083	-0.0022
942	0.1080	0.0311	0.0093	0.0053	0.0120
943	0.0990	0.0371	0.0099	-0.0010	0.0148

944	0.1136	0.0394	0.0178	0.0157	0.0216
945	0.1387	0.0504	0.0292	0.0184	0.0289
946	0.1291	0.0533	0.0422	0.0401	0.0304
947	0.1014	0.0386	0.0278	0.0192	0.0158
948	0.0769	0.0286	0.0145	0.0151	0.0137
949	0.0751	0.0181	0.0110	0.0047	0.0043
950	0.0717	0.0285	0.0084	0.0135	-0.0109
951	0.0769	0.0232	0.0116	0.0119	-0.0101
952	0.0769	0.0245	0.0193	0.0109	-0.0003
953	0.0671	0.0112	0.0140	-0.0033	0.0095
954	0.0637	0.0201	0.0100	0.0019	0.0011
955	0.0636	0.0240	-0.0009	0.0118	-0.0001
956	0.0700	0.0237	0.0055	0.0171	0.0066
957	0.0765	0.0246	0.0152	0.0269	0.0239
958	0.0535	-0.0032	-0.0007	0.0112	0.0126
959	0.0331	-0.0126	-0.0127	0.0011	-0.0020
960	0.0238	-0.0288	-0.0400	-0.0224	-0.0210
961	0.0328	-0.0050	-0.0157	-0.0089	-0.0111
962	0.0485	0.0075	-0.0057	-0.0110	0.0014
963	0.0472	0.0096	0.0020	-0.0144	0.0033
964	0.0500	0.0037	-0.0160	-0.0367	-0.0027
965	0.0502	0.0134	-0.0076	-0.0150	0.0056
966	0.0513	0.0141	0.0048	-0.0080	0.0214
967	0.0545	0.0268	0.0170	0.0041	0.0286
968	0.0460	0.0145	0.0090	-0.0048	0.0105
969	0.0406	0.0168	-0.0016	-0.0152	-0.0206
970	0.0298	-0.0053	-0.0109	-0.0285	-0.0301
971	0.0344	-0.0030	0.0037	-0.0345	-0.0148
972	0.0329	0.0007	0.0092	-0.0170	0.0036
973	0.0405	0.0170	0.0103	0.0101	0.0103

974	-0.0642	-0.0718	-0.0944	-0.0783	-0.1021
975	-0.0567	-0.0727	-0.0941	-0.0762	-0.1034
976	-0.0578	-0.0837	-0.0876	-0.0871	-0.1045
977	0.0476	0.0059	0.0082	0.0234	0.0150
978	0.0337	0.0008	0.0066	0.0211	0.0157
979	0.0408	0.0108	0.0155	0.0308	0.0183
980	0.0468	0.0102	0.0071	0.0132	-0.0086
981	0.0392	-0.0040	-0.0013	0.0062	-0.0187
982	0.0440	-0.0115	-0.0082	-0.0133	-0.0216
983	0.0382	0.0015	-0.0041	-0.0083	0.0022
984	0.0616	0.0252	0.0081	-0.0056	0.0172
985	0.0690	0.0361	0.0262	0.0082	0.0323
986	0.0892	0.0348	0.0370	0.0103	0.0259
987	0.0751	0.0301	0.0276	0.0060	0.0192
988	0.0505	0.0011	-0.0025	-0.0324	-0.0270
989	0.0321	-0.0161	-0.0240	-0.0501	-0.0443
990	0.0498	-0.0006	0.0031	-0.0201	-0.0278
991	0.0645	0.0278	0.0092	0.0119	0.0178
992	0.0581	0.0209	0.0234	0.0080	0.0199
993	0.0448	0.0123	0.0047	0.0053	0.0038
994	0.0556	0.0006	0.0193	0.0032	-0.0069
995	0.0491	-0.0059	-0.0074	0.0055	-0.0160
996	0.0495	-0.0129	-0.0046	-0.0146	-0.0146
997	0.0750	0.0289	0.0152	0.0231	0.0102
998	0.0870	0.0550	0.0278	0.0225	0.0520
999	0.0911	0.0516	0.0011	0.0063	0.0522
1000	0.0335	0.0042	-0.0564	-0.0390	0.0059

BIODATA DIRI



Penulis dilahirkan di Bekasi pada tanggal 3 Juli 1994 dengan nama Firda Julianita Pradina Putri atau yang akrab dikenal dengan Firda merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Dalam riwayat pendidikannya penulis telah menamatkan pendidikan formal dari SDN Bekasi Jaya XIII, SMP Negeri 1 Bekasi, SMA Negeri 4 Bekasi, D3 Teknik Elektro di Universitas Gadjah Mada, dan diterima melalui jalur lintas jalur di jurusan Teknik Fisika ITS Surabaya. Dalam tugas akhirnya penulis mengambil bidang minat Rekayasa Fotonika dengan judul Pengukuran Kadar Kolesterol pada Jaringan Kulit Tiruan (*Phantom*) Menggunakan Teknik *Diffuse Reflectance Spectroscopy*.

Penulis memiliki hobi menonton film, bersepeda dan jogging. Penulis dapat dihubungi melalui email firdajulianita@gmail.com.